



UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA

“MAESTRÍA EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

TITULO:

**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL MONÓXIDO DE
CARBONO EN HABITANTES DE LA CIUDAD DE
AZOGUES**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTOR: DRA. GINA CATALINA HEREDIA CABRERA

DIRECTOR: ING. DIANA MOSCOSO VANEGAS MSc.

CUENCA, ECUADOR

2014

RESUMEN

Con la presente investigación se determinó las concentraciones de carboxihemoglobina (HbCO) en sangre, como biomarcador de la exposición al monóxido de carbono (CO) en el ambiente y los efectos que este contaminante tiene sobre la salud de los residentes y comerciantes de tres zonas consideradas como críticas por el alto tráfico vehicular en el cantón Azogues; contrastadas con un grupo control no expuesto perteneciente a una zona rural. Se detectaron las concentraciones de HbCO por el método espectrofotométrico con la técnica de Wolf modificada, utilizando ditionito de sodio como agente reductor; las medias encontradas en los tres grupos de estudio fueron: 5,16 %, 4,25% y 4,59% respectivamente; en todos los casos superan los límites considerados por la OMS como normales (0,5% a 2,5%), aunque los niveles de CO ambiental en las tres zonas estuvieron por debajo del límite establecido por la legislación ecuatoriana vigente (30.000 ug/m^3 para una hora). Se determinó que no existe correlación entre las concentraciones de CO ambiental y las concentraciones de HbCO medidas en los grupos de estudio; por lo que estas últimas dependen de otros factores como el tiempo de exposición y características particulares de los individuos; es así que se encontró una asociación positiva significativa entre las concentraciones sanguíneas de HbCO y el tiempo de exposición considerado en años; por lo tanto aunque se tenga concentraciones de CO ambiental por debajo del límite permitido, la exposición continua y crónica incrementa los niveles de HbCO a concentraciones tóxicas en individuos expuestos, que trae consigo consecuencias clínicas como la aparición de síntomas entre principales: cefalea, mareos y ardor de ojos; si bien no específicos, pero atribuidos a la acción tóxica del CO y que fueron reportados en mayor frecuencia por los individuos expuestos en este estudio.

Palabras clave: *Carboxihemoglobina, biomarcador, monóxido de carbono, exposición.*



ABSTRACT

In the present study was determined the concentrations of carboxyhemoglobin (HbCO) in blood as a biomarker of exposure to carbon monoxide (CO) in the environment, and the effects that this pollution has on the health of residents and traders of three areas considered critical for the high traffic in Azogues city; contrasted with a control group not exposed belonging to a rural area. HbCO concentrations were detected by the spectrophotometric method with the Wolf modified technique, using sodium dithionite as reducing agent; the average found in the three study groups were: 5.16% 4.25% and 4.59% respectively; in all cases exceed the limits considered by WHO as normal (0.5% to 2.5%), although the levels of ambient CO in the three areas were below the limit set by the Ecuadorian legislation (30,000 ug / m³ for one hour). It was determined that there is no correlation between concentrations of ambient CO and HbCO concentrations measured in the study groups; so that these last depend on other factors such as exposure time and characteristics of individuals; so that a significant positive association between blood HbCO concentrations and exposure time seen in years was found; therefore although environmental CO concentrations is deemed to be below the limit, continuous and chronic exposure increases levels of HbCO to toxic concentrations in exposed individuals, it brings clinical consequences as the onset of symptoms between major headache, dizziness and burning eyes; although not specific, but attributed to the toxic action of CO which were reported more frequently by individuals exposed in this study.

Keywords: *Carboxyhemoglobin, biomarker, carbon monoxide exposure.*



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| TABLA DE CONTENIDO | 3 |
| AGRADECIMIENTOS | 8 |
| DEDICATORIA..... | 9 |
| LISTA DE TABLAS..... | 10 |
| LISTA DE FIGURAS | 11 |
| ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA..... | 13 |
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN | 14 |
| CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 17 |
| 2.1 GENERALIDADES DEL MONÓXIDO DE CARBONO | 17 |
| 2.2 NIVELES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN AIRE AMBIENTE | 20 |
| 2.3 FUENTES DE EXPOSICIÓN | 20 |
| 2.4 LÍMITES DE EXPOSICIÓN | 22 |
| 2.5 MECANISMOS DE TOXICIDAD DEL MONÓXIDO DE CARBONO | 22 |
| 2.5.1 EFECTO DEL MONOXIDO DE CARBONO A NIVEL DE LA HEMOGLOBINA..... | 23 |
| 2.5.2 EFECTO DEL CO EN LA CADENA RESPIRATORIA MITOCONDRIAL | 23 |
| 2.5.3 AUMENTO DE ÓXIDO NÍTRICO LIBRE INTRACELULAR | 25 |
| 2.6 FISIOPATOLOGÍA DE LA INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO | 25 |
| 2.6.1 ANOXIA | 26 |
| 2.6.2 ASFIXIA..... | 26 |
| 2.6.3 UNIÓN A LA MIOGLOBINA | 27 |
| 2.7 MANIFESTACIONES CLÍNICAS..... | 27 |
| 2.8 NIVELES DE CARBOXIHEMOGLOBINA | 30 |
| 2.9 ANÁLISIS DE CARBOXIHEMOGLOBINA | 30 |
| 2.9.1 ENSAYO CUALITATIVO | 31 |
| 2.9.2 ESPECTROFOTOMETRÍA (MÉTODO CUANTITATIVO)..... | 32 |
| 2.9.3 CO-OXIMETRÍA | 33 |
| 2.9.4. CROMATOGRAFÍA DE GASES | 33 |



| | | |
|--------|---|----|
| 2.10 | DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LA INTOXICACIÓN POR MONOXIDO DE CARBONO..... | 34 |
| 2.10.1 | DIAGNÓSTICO | 34 |
| 2.10.2 | TRATAMIENTO..... | 34 |
| | CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS | 35 |
| 3.1 | METODOLOGÍA..... | 35 |
| 3.1.1 | TIPO DE ESTUDIO | 35 |
| 3.1.2 | DISEÑO | 35 |
| 3.1.3 | VARIABLES..... | 35 |
| 3.2 | AREA DE ESTUDIO | 36 |
| 3.2.1 | SELECCIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO..... | 36 |
| 3.2.2 | CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO | 37 |
| 3.2.3 | LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO | 38 |
| 3.2 | POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 40 |
| 3.2.1 | GRUPOS DE ESTUDIO | 40 |
| 3.2.2 | CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN | 40 |
| 3.3 | FORMA DE MUESTREO | 41 |
| 3.3.1 | MONITOREO AMBIENTAL | 41 |
| 3.3.2 | GRUPOS DE ESTUDIO (VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA)..... | 42 |
| 3.4 | RECOLECCIÓN DE LA INFORMACION | 43 |
| 3.4.1 | INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN..... | 43 |
| 3.4.2 | TRATAMIENTO DE LOS DATOS | 43 |
| 3.5 | METODOLOGÍA ANALÍTICA | 44 |
| 3.5.1 | MONITOREO AMBIENTAL DE MONÓXIDO DE CARBONO | 44 |
| 3.5.2 | VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA | 44 |
| 3.6 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 46 |
| | CAPITULO IV: RESULTADOS..... | 47 |
| 4.1 | ANALISIS DESCRIPTIVO DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO | 47 |
| 4.2 | MONITOREO AMBIENTAL DE MONÓXIDO DE CARBONO | 50 |
| 4.3 | VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA | 52 |
| 4.3.1 | VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL GRUPO 1 | 52 |
| 4.3.2 | VALORACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL EN LA POBLACIÓN PERTENECIENTE A LA ZONA 2..... | 54 |



| | | |
|-------|--|----|
| 4.3.3 | VALORACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN LA POBLACIÓN PERTENECIENTE A LA ZONA 3..... | 56 |
| 4.4 | CORRELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO AMBIENTAL Y CARBOXIHEMOGLOBINA..... | 59 |
| 4.5 | CORRELACIÓN ENTRE CONCENTRACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN (HORAS DIARIAS Y AÑOS)..... | 62 |
| 4.6 | CONCENTRACIONES DE CARBOXIHEMOGLOBINA Y FRECUENCIA DE SÍNTOMAS ASOCIADOS A INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO..... | 68 |
| | CAPITULO V: DISCUSIÓN | 72 |
| | CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 77 |
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 77 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 79 |
| | ANEXOS | 83 |

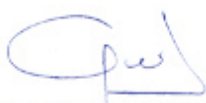


UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Gina Catalina Heredia Cabrera autor de la tesis "EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL MONÓXIDO DE CARBONO EN HABITANTES DE LA CIUDAD DE AZOGUES", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Toxicología Industrial y Ambiental el uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 12 de septiembre de 2014



Gina Catalina Heredia Cabrera
0104187794

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail: cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Gina Catalina Heredia Cabrera, autora de la tesis "EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL MONÓXIDO DE CARBONO EN HABITANTES DE LA CIUDAD DE AZOGUES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 12 de septiembre de 2014



Gina Catalina Heredia Cabrera
0104187794



AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Diana Moscoso Vanegas, quien con su dirección y aporte valioso de conocimientos guio el desarrollo de este proyecto hasta su culminación.

Al personal técnico del Centro de Estudios Ambientales, en especial a la Ing. Anita Astudillo por su colaboración.

A mis familiares, amigos y compañeros que contribuyeron la ejecución de este trabajo de Tesis.

Gina Heredia Cabrera.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada hija Camila, razón de motivación, inspiración y felicidad; quien a pesar de ser tan pequeña entendió el sacrificio y horas consagradas para alcanzar este logro tanto profesional como personal.

Gina Heredia Cabrera.



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Contribución del transporte por carretera (TR) y otros modos de transporte (OT) sobre el total de las emisiones de monóxido de carbono. | 18 |
| Tabla 2. Correlación entre valores de Carboxihemoglobina y la condición circunstancial, signos y síntomas de individuos expuestos al monóxido de carbono..... | 28 |
| Tabla 3. Esquema de monitoreo ambiental de Monóxido de Carbono para las zonas de estudio | 42 |
| Tabla 4. Descripción del Grupo 1 correspondiente al Terminal Interprovincial. | 47 |
| Tabla 5. Descripción del Grupo 2 correspondiente a la..... | 48 |
| Tabla 6. Descripción del grupo 3 correspondiente al Terminal Interparroquial | 49 |
| Tabla 7. Concentraciones promedio de monóxido de carbono en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una hora | 50 |
| Tabla 8. Concentraciones de Carboxihemoglobina (%HbCO) encontradas en los Grupos de estudio. | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Representación de las reacciones químicas generales de los procesos de combustión completa e incompleta en función de la proporción de oxígeno. | 17 |
| Figura 2. Representación de la cadena respiratoria mitocondrial, donde se observa el efecto del monóxido de carbono (CO) sobre esta, mediante el bloqueo a nivel del complejo IV, con la consecuente generación de especies reactivas del oxígeno (ERO). | 24 |
| Figura 3. Estructura del grupo heme, este también es conocido como grupo Fe(II) protoporfirina IX, y es la región activa de la hemoglobina humana. | 27 |
| Figura 4. Mapa del cantón Azogues en el que se identifican las tres zonas de estudio. | 38 |
| Figura 5. Mapa del cantón Azogues en el que se señala la localización de la zona 1 Terminal Interprovincial. | 38 |
| Figura 6. Mapa del cantón Azogues en el que se señala la localización de la zona 2 Emilio Abad. | 39 |
| Figura 7. Mapa del cantón Azogues en el que se señala la zona 3 correspondiente al Terminal Interparroquial. | 39 |
| Figura 10. Concentración de carboxihemoglobina en la población de la zona 2 Emilio Abad. | 54 |
| Figura 11. Distribución de las Concentraciones de Carboxihemoglobina en la población perteneciente a la zona Emilio Abad. | 55 |
| Figura 12. Concentración De Carboxihemoglobina en la población perteneciente a la zona Terminal Interparroquial. | 56 |
| Figura 13. Distribución de las concentraciones de carboxihemoglobina determinadas en la población de la zona Terminal Interparroquial | 57 |
| FIGURA 14 Correlación entre las concentraciones de CO ambiental y HbCO para el Grupo 1. | 59 |
| Figura 15. Correlación entre las concentraciones de CO ambiental y HbCO para el Grupo 2. | 60 |

| | |
|---|----|
| Figura 16. Correlación entre las concentraciones de CO ambiental y HbCO para el grupo 3..... | 61 |
| Figura 17. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición diario expresado en horas por día. GRUPO 1 Terminal Interprovincial..... | 62 |
| Figura 18. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición expresado en años de residir o laborar en la Zona. GRUPO 1 Terminal Interprovincial..... | 63 |
| Figura 19. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición diario expresado en horas por día. GRUPO 2 Emilio Abad..... | 64 |
| Figura 20. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición expresado en años de residir o laborar en la Zona. GRUPO 2 Emilio Abad..... | 65 |
| Figura 21. <i>Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición diario expresado en horas por día. GRUPO 3 Terminal Interparroquial</i> | 66 |
| Figura 22. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición expresado en años de residir o laborar en la Zona. GRUPO 3 Terminal Interparroquial..... | 67 |
| Figura 23. Frecuencia de síntomas referidos que se asocian a intoxicación por monóxido de carbono. Zona 1 Terminal Interprovincial..... | 68 |
| Figura 24. Frecuencia de síntomas referidos que se asocian a intoxicación por monóxido de carbono. Grupo 2 Emilio Abad | 69 |
| Figura 25. Frecuencia de síntomas referidos que se asocian a intoxicación por monóxido de carbono. Grupo 3 Terminal Interparroquial | 70 |



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

CO: monóxido de carbono

CO₂: dióxido de carbono

O₂: oxígeno

Hb: hemoglobina

HbCO: Carboxihemoglobina

SNC: sistema nervioso central

CRM: cadena respiratoria mitocondrial

EROS: especies reactivas del oxígeno

OMS: Organización Mundial de la Salud, siglas en inglés WHO.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

SNT: Síndrome Neurológico Tardío

ICO: Intoxicación por monóxido de Carbono

GE: Grupo expuesto

GC: Grupo control (no expuesto)

ul: micro litros

nm: nanómetros

ug/m³: microgramos por metro cúbico

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El monóxido de carbono (CO) es uno de los principales contaminantes del aire, gran parte de la emisión de monóxido de carbono tiene su origen en el empleo de la gasolina como combustible de los vehículos a motor, especialmente en el área urbana. Otras fuentes son la generación de calor y energía, algunos procesos industriales, la incineración de desechos y algunos disolventes de pinturas y desengrasantes que contienen cloruro de metileno son generadores de CO menos habitual. (OPS/OMS, Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud., 1983)

Las concentraciones máximas permisibles de CO en aire ambiente son $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 horas y $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora, según lo establece la Organización Mundial de la Salud (OMS). En las ciudades y áreas urbanas en general, las concentraciones de CO siempre son más altas en lugares como las avenidas de gran tránsito vehicular, los estacionamientos subterráneos o terminales de pasajeros, y representan una exposición laboral para trabajadores como agentes de tránsito, vendedores ambulantes y de puestos fijos, policías, etc. (Cedeño, 2010)

A nivel del Ecuador, las principales ciudades que presentan mayor problema de contaminación atmosférica son: Quito, Guayaquil y Cuenca. Cabe mencionar que solamente Quito y en menor escala Cuenca, ha gestionado la parte ambiental, para monitorear y comprobar el estado de la calidad del aire. En la ciudad de Azogues hasta ahora no se disponía de datos que indiquen los niveles de CO ambiental, ni el impacto de este gas, en la salud de los habitantes.

El CO se absorbe por vía respiratoria y es rápidamente transportado en la sangre, donde se combina con la hemoglobina (Hb) para formar Carboxihemoglobina (COHb), que tiene menor capacidad transportadora de oxígeno (O_2), por lo que puede producir hipoxia tisular. Dependiendo de la intensidad de la exposición, los efectos de la intoxicación por CO pueden variar



desde cefalea y mareos leves hasta la muerte. Las diversas manifestaciones neurológicas, cardíacas y efectos de la exposición al CO también están bien establecidas, pero la información referente a sus potenciales efectos en habitantes, transeúntes y comerciantes en áreas de intenso tránsito de vehículos es extremadamente limitada. (Rojas, Dueñas, & Sindorovas, 2001)

El objetivo general de esta investigación fue evaluar la exposición al monóxido de carbono ambiental en habitantes y comerciantes de las zonas consideradas como críticas por el alto tránsito vehicular en la ciudad de Azogues, mediante la cuantificación de Carboxihemoglobina como biomarcador de la exposición al monóxido de carbono y su relación con los niveles ambientales del gas.

De acuerdo a información disponible en el Departamento de Seguridad y Salud ocupacional del Cuerpo de Bomberos de Azogues con respecto al flujo vehicular captado por las cámaras de video-vigilancia del ECU 911 (Servicio Integrado de Seguridad), los reportes correspondientes a los meses de septiembre y octubre del año 2012, indican niveles de saturación de tránsito vehicular es decir el total de vehículos que circulan por día entre las 7H00 y 22H00; para la zona de la Av. 24 de Mayo y Azuay: 2606 y 3923 vehículos mientras que para la zona de la Calle Bolívar y Juan Bautista cordero: 2648 y 2997 automotores. Considerándose como tránsito Muy Saturado > 2500. (Cuerpo de Bomberos de Azogues, 2012)

Los objetivos específicos que se plantearon fueron:

- Determinar niveles de Carboxihemoglobina en habitantes y comerciantes de las 3 zonas consideradas objeto de estudio así como en el grupo control (habitantes y trabajadores de una zona rural, no expuestos)
- Correlacionar los datos de Carboxihemoglobina con la concentración ambiental de monóxido de carbono, en la zona de estudio.
- Indicar si las manifestaciones clínicas referidas por los habitantes y comerciantes están relacionadas con intoxicación con monóxido de carbono.



Para dar cumplimiento a estos objetivos se aplicó una metodología validada y reproducible como lo es el método espectrofotométrico con la técnica de Wolf modificada, utilizando Ditionito de sodio como agente reductor, para valoración de Carboxihemoglobina en los habitantes y comerciantes de zonas con alta densidad de tránsito vehicular en la ciudad de Azogues y relacionarla con los valores de CO en aire ambiente, así como los factores que contribuyen a la intensidad de esa exposición y sus potenciales efectos adversos para la salud.

CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 GENERALIDADES DEL MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono (CO) es un gas inodoro, incoloro e insípido, ligeramente menos denso que el aire, constituido por un átomo de carbono y uno de oxígeno en su estructura molecular. Es producto de la combustión incompleta de algunos procesos industriales y biológicos; generándose principalmente en estufas, , chimeneas, incendios, motores de explosión. (Ruiz, 2011)

Para alcanzar un proceso de combustión completa se requiere de una molécula de oxígeno por cada átomo de carbono y originar dióxido de carbono (CO₂). Pero cuando la proporción de oxígeno es menor, se produce monóxido de carbono (CO). (Repetto J & Repetto K, 2009)

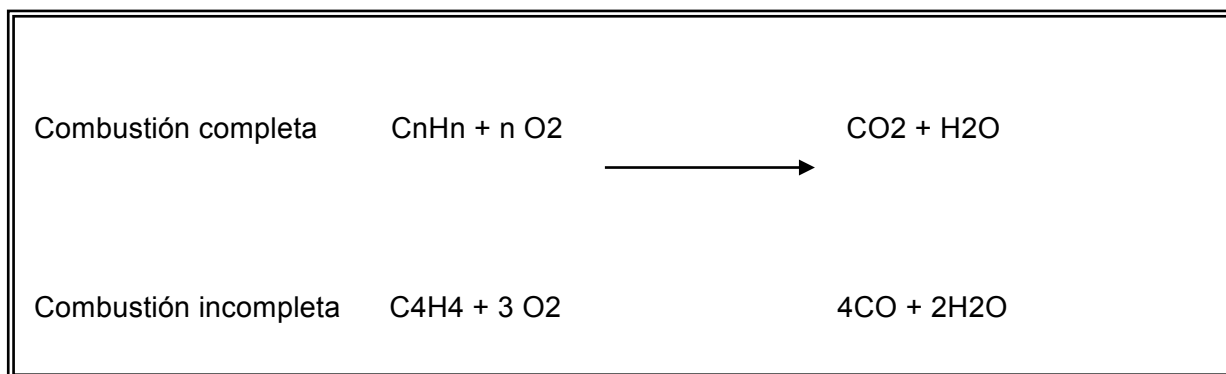


FIGURA 1. Representación de las reacciones químicas generales de los procesos de combustión completa e incompleta en función de la proporción de oxígeno.

Fuente modificada: (Repetto J & Repetto K, 2009)

Al no disponer de ningún sistema de depuración para acelerar la eliminación del tóxico una vez que ha entrado en el organismo, el tratamiento o antídoto es la administración de oxígeno, en condiciones normobáricas o hiperbáricas



según el caso. La permanencia media de las moléculas de CO en la atmósfera, es de un mes aproximadamente, antes de oxidarse y convertirse en CO₂. (Ruiz, 2011)

Ponce en 2005 manifiesta lo que la US EPA, *Unites Estates Environmental protection Agency 2008* establece: “La emisión anual global de CO a la atmósfera se ha estimado en 2 600 millones de toneladas, siendo el 60% debido a la actividad humana y el 40% restante a procesos naturales”. (Ponce, 2005)

La *Guide Quality Air* de la World Health Organization (WHO) en 2005, hace referencia a la influencia de las emisiones del transporte terrestre sobre la calidad del aire ambiente, siendo el monóxido de carbono uno de los principales contaminantes medioambientales que se emanan en mayor porcentaje por los automotores; tal como se indica a continuación.

Tabla 1. Contribución del transporte por carretera (TR) y otros modos de transporte (OT) sobre el total de las emisiones de monóxido de carbono.

| Región | Monóxido de Carbono | |
|----------------|-----------------------|----|
| | % Total de emisiones. | |
| | TR | OT |
| United Kingdom | 69 | 11 |
| EU15 | 57 | |
| United States | 51 | 26 |
| Austria | 24.2 | - |
| Belgium | 53.3 | - |
| Denmark | 56.0 | - |



| | | |
|--------------|------|---|
| Germany | 53.0 | - |
| Finland | 48.6 | - |
| France | 41.5 | - |
| Italy | 68.1 | - |
| Luxembourg | 64.0 | - |
| Netherlands | 60.5 | - |
| Spain | 53.8 | - |
| Sweden | 57.5 | - |
| Delhi, India | 85.5 | - |

Fuente modificada: (Harrison, 2005)

En esta tabla se señala las emanaciones para: el Reino Unido en el año 2000, la Unión Europea (UE-15) en 1999, los Estados Unidos en 1999, varios países europeos en 1999 y Nueva Delhi, India en 1995.

Ponce (2005) en su estudio establece que según reporte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en el monitoreo de los Contaminantes Gaseosos: Monóxido de Carbono y Ozono troposférico en la Estación de Calidad del Aire, Jesús María en Lima-Perú; en enero de 2004; encontraron que los mayores valores de contaminación por CO se presentan durante las horas de mayor carga vehicular; siendo el máximo promedio horario de 3,2 horas.

La concentración de CO en el aire, representa aproximadamente el 75% de los contaminantes emitidos a la atmósfera; sin embargo, al ser una molécula estable esta no afecta directamente a la vegetación o los materiales. Su importancia radica en los daños que puede causar a la salud humana al



permanecer expuestos por períodos prolongados a concentraciones elevadas de éste contaminante. (Ruiz, 2011)

2.2 NIVELES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN AIRE AMBIENTE

La normativa ecuatoriana en TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente), en el Libro VI, Anexo 4 de Normas de Calidad de Aire Ambiente Registro oficial N°464; establece lo siguiente en lo referente al contaminante Monóxido de Carbono (CO):

Numeral 4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente:

Monóxido de Carbono (CO).- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un periodo de 8 horas, no deberá exceder en diez mil microgramos por metro cúbico ($10000\mu\text{g}/\text{m}^3$) más de una vez al año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder en treinta mil microgramos por metro cúbico ($30000\mu\text{g}/\text{m}^3$) más de una vez en un año. (Ministerio del Ambiente, 2011)

2.3 FUENTES DE EXPOSICIÓN

El CO es un gas menos denso que el aire, inodoro, incoloro y no irritante, por lo que no provoca reacción de defensa alguna por parte de la persona expuesta razón por la que una intoxicación puede sobrevenir con facilidad. Por vía endógena continuamente el cuerpo humano produce pequeñas cantidades de CO, como uno de los productos finales del catabolismo de la hemoglobina y



otros grupos hemo, la enzima hemoxigenasa presente en neuronas y otras células puede liberar CO. (Repetto J & Repetto K, 2009)

Es así que en un individuo sano puede existir una saturación de Carboxihemoglobina del 0.4-0.7% considerándose como normal; al igual que en la anemia hemolítica se ve incrementada la generación endógena de CO, alcanzando el individuo concentraciones de Carboxihemoglobina del 4 al 6%. *“Aun así en estas condiciones es poco probable que se desencadenen síntomas de intoxicación, no obstante cuando se origina como resultado de metabolización del disolvente diclorometano, tras su inhalación”.* (Ruiz, 2011) (Fernández, 2004, p. 96)

Entre las fuentes de producción exógena más importantes están:

- Gases emanados de escape de un motor de explosión (contienen hasta 7 % de CO), como consecuencia de la combustión incompleta de la gasolina o diesel.
- Combustión incompleta de productos que contengan carbono. Cualquier combustión con madera (leña), carbón, aceite, papel, gas, gasolina, parafina y otros derivados del petróleo en general.
- Procesos de combustión en hornilla, estufa, gas de calefacción, etc.
- Incendios, en general, también por combustión incompleta y explosiones.
- Humo de tabaco (3-6% de CO).
- Determinados procesos industriales como la Industria metalúrgica en la que se emplean hornos a altas temperaturas y calderas.
- Removedores de pintura con cloruro de metileno (Martínez G. & Cáceres, 2004)

Las fuentes de exposición que han sido normalmente asociadas a diversos grados de intoxicación son: la combustión incompleta por aparatos de calefacción o de cocina, inadecuada ventilación, negligencia en mantención y uso de aparatos en pequeñas áreas. Los individuos más susceptibles



corresponden a: embarazadas, niños pequeños. En los EE.UU de las 11.547 muertes no intencionales por intoxicación debida al CO, ocurridas entre 1979-1988, el 57% fueron causados por escape de vehículos de motor; de estos, 83% se asociaron con vehículos parados. (CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 1996; Martínez G. & Cáceres, 2004)

Siendo así las principales fuentes de emisión de CO las debidas a la actividad humana y dentro de aquellas, las emisiones de los vehículos a motor. Por lo tanto la población expuesta y en riesgo de padecer los efectos de la intoxicación por CO será aquella que habite o realice actividades laborales en zonas con mayor tránsito vehicular. (Ruiz, 2011)

2.4 LÍMITES DE EXPOSICIÓN

Los límites de exposición al monóxido de carbono permitidos por la Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA PEL) son de 50 ppm o 55 mg/m³, en una jornada laboral de 8 horas.

Un límite del techo (nivel de exposición que nunca debe excederse sin importar las 8 horas de TWA) de 200 ppm ha sido establecido por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH)

Niveles superiores a 1000 partes por millón (ppm) puede causar pérdida de la conciencia o la muerte.

Los síntomas típicos de la exposición a niveles más arriba de lo permitido por la OSHA PEL, podrían incluir dolor de cabeza, náusea, vómito, mareo, debilidad, respiración acelerada, confusión mental, y un color rojizo en la piel. (Workers Compensation Fund Group, 2014)

2.5 MECANISMOS DE TOXICIDAD DEL MONÓXIDO DE CARBONO

La vía de entrada del CO al organismo es la inhalatoria y al ser un gas incoloro, inoloro y no irritante; es así como la víctima no lo detecta hasta que ya está cursando sintomatología. Una vez que se inhala pasa a través de las vías



respiratorias a la sangre en donde se liga a la hemoglobina, en los lugares de fijación del oxígeno el mismo que es desplazado debido a la afinidad de casi 250 veces mayor que la del oxígeno; formándose así un carbonilo de hierro y por tanto Carboxihemoglobina. Continúa su transporte hasta llegar a los tejidos, donde ejerce su acción tóxica por ocupación de ligandos intracelulares. Los tejidos más vulnerables son aquellos que tienen una demanda mayor de oxígeno, siendo los más afectados el sistema nervioso central (SNC), el miocardio y músculo estriado. (Morán, Martínez de Irujo, Marruecos, & Nogué, 2011)

La toxicidad del monóxido de carbono se da a distintos niveles:

2.5.1 EFECTO DEL MONOXIDO DE CARBONO A NIVEL DE LA HEMOGLOBINA

El CO es uno de los contaminantes ambientales que manifiesta en mayor grado su toxicidad directamente sobre el sistema respiratorio, cerca del 80 al 90% de este gas se une a la hemoglobina luego de ser absorbido, cambiando su curva de disociación por alteración de la estructura tridimensional; este efecto repercute en la aparición de hipoxia tisular directa por disminución de la capacidad de transporte de oxígeno hacia los tejidos y su liberación posterior hacia la célula. (Silva, Sousa, & Cruz, 2013; Morán et al., 2011)

2.5.2 EFECTO DEL CO EN LA CADENA RESPIRATORIA MITOCONDRIAL

La elevada afinidad del CO por los radicales metálicos de los citocromos uniéndose principalmente al citocromo a₃ del Complejo IV o Citocromo-C-Oxidasa de la cadena respiratoria mitocondrial (CRM). La CRM obtiene energía desde las moléculas de NAD (dinucleótido de nicotinamida-adenina) y

FADH₂ (dinucleótido de flavina-adenina, forma reducida) de las cuales toma un electrón. Este electrón es transportado a través de la CRM por distintas reacciones bioquímicas. En el paso final de la cadena se transforma el ADP + P en ATP.

Cuando el CO se liga al Citocromo aa3 del Complejo IV, bloquea el último paso de la respiración mitocondrial, por lo tanto disminuye la producción de ATP y se desvían los electrones producidos, dando origen a radicales libres conocidos también como especies reactivas del oxígeno (ERO). (Figura 2).

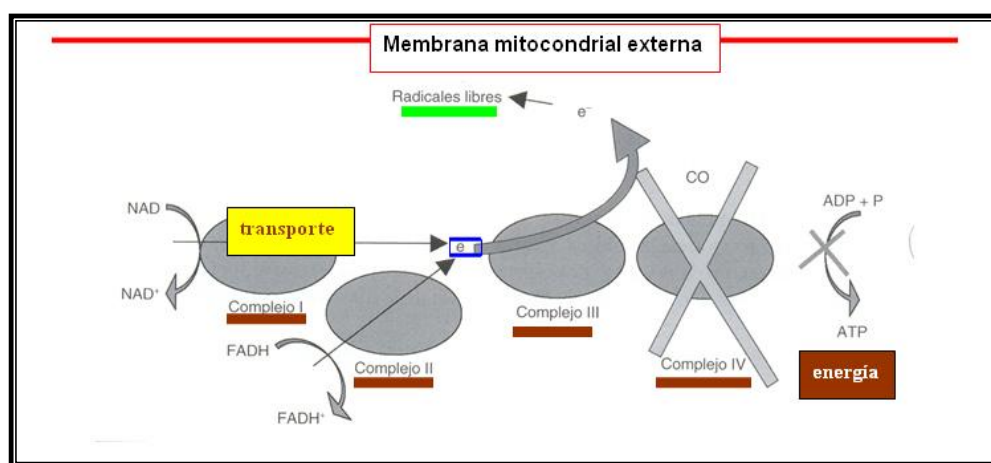


Figura 2. Representación de la cadena respiratoria mitocondrial, donde se observa el efecto del monóxido de carbono (CO) sobre esta, mediante el bloqueo a nivel del complejo IV, con la consecuente generación de especies reactivas del oxígeno (ERO).

Fuente: TOXICONET, 2009.

Durante la cadena respiratoria se producen de forma natural cantidades de ERO que son neutralizados por sistemas antioxidantes. Cuando existe intoxicación por monóxido de carbono los niveles de ERO se incrementan y la capacidad protectora de los sistemas antioxidantes disminuye.



Otra consecuencia del bloqueo de la CRM es que al no formarse ATP, la respiración se transforma en anaerobia cuyo efecto se ve traducido en una acidosis metabólica.

Los efectos de los ERO a nivel del sistema nervioso central se dan debido a al daño oxidativo de macromoléculas celulares al desencadenar procesos de oxidación y per oxidación, lesionando el endotelio con alteración de la función de la barrera hematoencefálica (riesgo de edema cerebral) y las células gliales encefálicas causando desmielinización. Estos efectos son la base del Síndrome Neurológico Tardío (SNT) en la ICO. (Morán, Martínez de Irujo, Marruecos, & Nogué, 2011)

2.5.3 AUMENTO DE ÓXIDO NÍTRICO LIBRE INTRACELULAR

El (NO-) de manera fisiológica está ligado a proteínas y actúa en varias vías metabólicas para mantener un correcto nivel intracelular. El CO se une a los ligandos del NO- de forma que aumenta el NO- libre intracelular y reacciona con radicales superóxido y genera peroxinitritos que poseen gran capacidad oxidante y nitrogenante, que causan daño a las macromoléculas. Favoreciendo de igual manera a causar SNT. (Oliu & Inoriza, 2011)

Es así como los mecanismos de daño antes descritos, desencadena una cascada de fenómenos inflamatorios que aumentan la lesión a nivel del SNC.

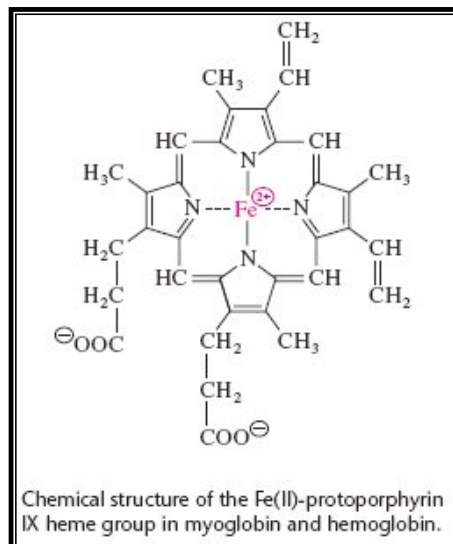
2.6 FISIOPATOLOGÍA DE LA INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO

Existe una relación lineal positiva entre la concentración de CO ambiental y la absorción de CO por el alveolo; una vez absorbido, el monóxido de carbono se une a la hemoglobina formando la Carboxihemoglobina, producto que por los

mecanismos
resultado las
patológicas:

2.6.1 ANOXIA

Se entiende
es el resultado de
presión parcial de
puede darse por



antes descritos, da como
siguientes alteraciones
(Ponce, 2005)

como falta de oxígeno y
la disminución de la
oxígeno; esta condición
dos circunstancias:

cuando el individuo se encuentra a una elevada altura sobre el nivel del mar a una presión atmosférica baja, como por ejemplo regiones montañosas elevadas o una cabina de avión sin acondicionar; y por el consumo de aire ambiente contaminado con gases como el monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, entre otros. (Repetto J & Repetto K, 2009)

2.6.2 ASFIXIA

La asfixia como consecuencia de la intoxicación por CO, sobreviene por interferencia en el transporte de oxígeno y específicamente por el bloqueo de las funciones de la hemoglobina; que está estructurada por la unión de cuatro moléculas de un polipeptido llamada globina y cuatro grupos Hemo, un derivado de la porfirina que posee un átomo de hierro que en condiciones fisiológicas es bivalente, formando así la Ferro hemoglobina.

Figura 3. Estructura del grupo heme, este también es conocido como grupo Fe(II) protoporfirina IX, y es la región activa de la hemoglobina humana.

Fuente: Ciencias de Joseleg, 2012

El átomo de hierro (Fe^{++}) de la ferro hemoglobina se une a un átomo de oxígeno formando la oxihemoglobina (Hb-O_2); se trata de una oxigenación y no una oxidación ya que el hierro permanece bivalente. El monóxido de carbono tiene la capacidad de unirse fuertemente al hierro de la hemoglobina y desplazar al oxígeno, con la consecuente producción de hipoxia tisular, a la que se le denomina “anemia funcional” (Repetto J & Repetto K, 2009)

En respuesta a la asfixia, la frecuencia ventilatoria aumenta lo que ocasiona mayor concentración de CO inhalado en los alvéolos que se absorbe al torrente sanguíneo y la toxicidad por CO se hace más pronunciada (Ponce, 2005)

2.6.3 UNIÓN A LA MIOGLOBINA

El monóxido de carbono también se une a una proteína similar a la hemoglobina, la mioglobina, que es incolora y está presente en el músculo y su función es transferir a éste el oxígeno; al formarse carboximioglobina y carboximiocardioglobina; puede producir trastornos cardíacos como alteración del ritmo e isquemia de miocardio; aun cuando la víctima presente niveles de apenas 6% de COHb. (Repetto J & Repetto K, 2009)

2.7 MANIFESTACIONES CLÍNICAS



Oliu (2011) menciona que la clínica de la intoxicación por monóxido de carbono consta de una serie de manifestaciones inespecíficas como consecuencia directa de la hipoxia.

Los síntomas más importantes asociados a la intoxicación se manifiestan principalmente a nivel del sistema nervioso central y circulatorio, puesto que el cerebro y corazón son los órganos más susceptibles a la hipoxia, estos incluyen a nivel sistémico: náuseas, vómitos y astenia; dolor de cabeza, fatiga, malestar, pensamiento confuso, mareo, disturbios visuales, dolor en el pecho, dificultad para respirar, pérdida de la conciencia y convulsiones. A nivel del sistema cardiovascular: isquemia miocárdica, palpitaciones, síndrome coronario agudo, arritmias, entre otros. Los signos clásicos de intoxicación por monóxido de carbono se describen como labios de color rojo cereza, cianosis periférica y hemorragias retinianas. Pudiendo llegar a causar la muerte en casos de intoxicación aguda. (Repetto J & Repetto K, 2009; Oliu & Inoriza, 2011)

Repetto (2009) establece una correlación aproximada entre la concentración de Carboxihemoglobina, expresada en porcentaje y la situación circunstancial y clínica del sujeto.

Tabla 2. Correlación entre valores de Carboxihemoglobina y la condición circunstancial, signos y síntomas de individuos expuestos al monóxido de carbono.

| % COHb en relación a Hemoglobina | Condición circunstancial / clínica |
|----------------------------------|------------------------------------|
|----------------------------------|------------------------------------|

| total | del sujeto |
|----------|--|
| Menor 2 | No fumadores, habitantes zona rural |
| 2-4 | Fumadores pasivos |
| 5-10 | Fumadores activos |
| 12-20 | Intoxicación leve a moderada; cefaleas, mareo, (similar a una gripe). |
| 20-30 | Intoxicación aguda (simula intoxicación alcohólica) |
| 50-70 | Coma |
| 70 o más | Muerte rápida |

Fuente: Repetto J & Repetto K, 2009

Los no fumadores que viven en zonas rurales, tienen niveles de Carboxihemoglobina de 0,4 a 1,0%, por lo general menores a 2%; lo que evidencia la producción endógena de monóxido de carbono, mientras que niveles de hasta un 5% pueden considerarse normales en entornos urbanos con moderado flujo vehicular o ciudades en las que existen zonas industriales. (Repetto J & Repetto K, 2009; Ríos, 2011)

Como se puede observar en la Tabla 2, tanto los fumadores pasivos, los activos, están expuestos a mayores niveles de monóxido de carbono que van desde el 2% al 10%, y aún más en los fumadores crónicos pueden llegar tolerar niveles de Carboxihemoglobina de hasta 15%. (Ríos, 2011)

Los grados de intoxicación han sido descritos como: ausencia de síntomas clínicos con COHB menores del 10%; la intoxicación moderada por monóxido de carbono con COHB entre el 10% y un 20-25%, con signos menores de intoxicación, como dolor de cabeza, letargo o fatiga; y una intoxicación grave



por monóxido de carbono con un nivel de COHB de más de 20-25%, con pérdida de la conciencia, confusión o signos de isquemia cardíaca, o ambas, niveles mayores al 40% son incompatibles con la vida. (Ríos, 2011)

Repetto (2009) manifiesta que se consideran como factores de riesgo la edad temprana siendo más venerables los niños pequeños y la edad superior a 50 años, además la presencia de antecedentes cardiovasculares y pulmonares.

Oliu (2011) menciona que: *“Los niveles de COHb no presuponen índice de gravedad. Puede darse una clínica grave con COHb relativamente bajos porque el paso de tiempo y la administración de oxígeno desde la intoxicación hasta la determinación analítica disminuyen de forma rápida el CO en sangre y en aire espirado, pero muy lentamente el CO intracelular. Por tanto, una intoxicación no es leve porque el CO sea bajo. Por el contrario; niveles de COHb alta siempre indica intoxicación grave”*

2.8 NIVELES DE CARBOXIHEMOGLOBINA

Los valores de Carboxihemoglobina en sangre referencial se catalogan en valores normales hasta 1,5%, y para fumadores hasta 3%. (Fernández, 2004; Téllez, Rodríguez, & Fajardo, 2006)

Silva et al; (2013) considera como valor de referencia (VR) el adoptado en la literatura científica y en una investigación anterior efectuada en el estado de Minas Gerais, Brasil, que también mostró valores de hasta 2,5% para no fumadores y no expuestos ocupacionalmente.

La OMS establece valores referenciales de 0,5% a 2,5% de Carboxihemoglobina en individuos no fumadores y vecinos rurales.

2.9 ANÁLISIS DE CARBOXIHEMOGLOBINA



El grado de exposición al monóxido de carbono es evaluado mediante la medición de la saturación de Carboxihemoglobina en la sangre. La cuantificación de este biomarcador es importante en investigaciones de la intoxicación aguda, accidental o deliberada y de la exposición crónica en un lugar de trabajo o el medio ambiente.

Existen varias técnicas que se describen a continuación.

2.9.1 ENSAYO CUALITATIVO

- **ENSAYO DE DILUCIÓN (ALDANE)**

Consiste en la observación del color carminado típico de la sangre que contiene COHb, a diferencia del color amarillento de la sangre normal, cuando se la diluye convenientemente.

Sensibilidad: permite determinar concentraciones superiores al 25%.

- **ENSAYO ALCALINO**

La muestra se somete a dilución adicionando NaOH (hidróxido de sodio) al 10%, y se mezcla por inversión. La solución que contiene la sangre normal vira paulatinamente al color amarillo castaño por formación de la hematina alcalina, mientras que en el tubo “muestra” el color rosado-carminado permanece inalterable. Este ensayo se basa en la estabilidad de la COHb (dentro de ciertos límites) con respecto a la labilidad del pigmento hemático normal en las mismas condiciones de tratamiento. (Fernández, 2004)

Estas técnicas han sido descritas por otros autores como pruebas de comparación de color; son poco sensibles y específicas, ya que la sangre con cianuro también puede dar un color rosa. Siendo por lo tanto test de baja confiabilidad y sensibilidad así como inespecíficos. (Ríos, 2011)



2.9.2 ESPECTROFOTOMETRÍA (MÉTODO CUANTITATIVO)

La medición del porcentaje de COHB en la sangre por la técnica de espectrofotometría, se basa en comparación de los espectros de absorción de COHB con la oxihemoglobina o la hemoglobina reducida a una longitud de onda específica. Los métodos más utilizados son:

- **REDUCCIÓN CON DITIONITO DE SODIO**

Fernández (2004) cita el método descrito por Ernest Beutler y Carol West el mismo que establece que cuando se agrega Ditionito de Sodio como agente reductor a la sangre tanto la oxihemoglobina como la metahemoglobina pasan a la forma reducida, dando un espectro característico, mientras que la mayor afinidad por el oxígeno que tiene la Carboxihemoglobina, evita que esta sea reducida, generando dos picos en diferente longitud de onda. Las absorbancias de los pigmentos son medidas a 420 y 432nm, a un pH de 6,85.

Esta técnica espectrofotométrica ha sido ampliamente descrita, evaluada y aplicada por su sencillez, confiabilidad y bajo costo frente a técnicas como la cromatografía de gases, tal como lo describe Ríos (2011); ya que requiere poca cantidad de muestra y los resultados se emiten en corto tiempo, por lo que es de utilidad especialmente en casos de intoxicaciones agudas por CO dentro de la urgencia clínica.

- **DETERMINACIÓN POR MICRO DIFUSIÓN**

Se basa en el poder reductor del monóxido de carbono, el cual al ponerse en contacto con una solución de cloruro de paladio (PdCl_2), reacciona produciendo paladio metálico (Pd^0). La reacción se realiza en cámaras de Conway que poseen en el compartimento externo la muestra de sangre y el agente liberador



(ácido sulfúrico) y en el interno el agente atrapante (PdCl_2). En este caso, se produce la captación y oxidación del monóxido de carbono, forzándose la remoción completa del mismo al cabo de un tiempo y temperatura determinados. El exceso de PdCl_2 es valorado posteriormente con yoduro de potasio (IK) en presencia de goma arábiga (Flanagan, Braithwaite, Brown, Widdop, & Wolff, 1995)

2.9.3 CO-OXIMETRÍA

Este método emplea aparatos para la medición denominados CO-oxímetros basados en sistemas que realizan una medición al pasar una luz a través de la muestra de sangre total, midiendo diferentes longitudes de onda. Los derivados de la hemoglobina poseen espectros de absorbancia característicos; cada derivado absorbe la luz de manera diferente a diferentes longitudes de onda. Generalmente están diseñados para medir entre 4 y 128 longitudes de onda para las 4 principales especies hemoglobínicas (oxy, deoxy, carboxy y metahemoglobina) y se calculan mediante una fórmula. (Ríos, 2011)

Ríos (2011) cita además los estudios realizados por Mahoney J, et al (1993), en donde se encontró que en general los CO-oxímetros sobreestiman concentraciones menores o iguales a 2.5% por lo que pueden no ser útiles para algunas aplicaciones. Mientras que en otro estudio realizado por Olson et al (2011) concluyeron que cuando hay más de 4 longitudes de onda los CO-oxímetros pueden eliminar interferencias de otras especies hemoglobínicas y ser muy preciso para la medición de COHB en muestras post-mortem comparable con técnicas espectrofotométricas y cromatografía gaseosa.

2.9.4. CROMATOGRAFÍA DE GASES

Esta técnica se basa en la mezcla de la sangre con soluciones para lizar los eritrocitos y liberar el CO unido a la hemoglobina, luego según la cantidad hallada se hace una relación con la hemoglobina de la muestra para conocer el



porcentaje de saturación de COHB, generalmente se utiliza para el análisis headspace y se han implementado diferentes tipos de detectores. (Ríos, 2011)

Este es el método de referencia pero tiene como desventaja el elevado costo y la avanzada tecnología no disponible en la mayoría de laboratorios de nuestro medio.

2.10 DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LA INTOXICACIÓN POR MONOXIDO DE CARBONO

2.10.1 DIAGNÓSTICO

El diagnóstico de la intoxicación por CO se basa en identificación de signos y síntomas compatibles con la misma, siendo necesaria la confirmación diagnóstica analítica, con detección de CO en el organismo mediante la valoración del biomarcador Carboxihemoglobina. Orientan al diagnóstico la afectación colectiva y la respuesta a la administración de oxígeno. (Oliu & Inoriza, 2011)

2.10.2 TRATAMIENTO

Si bien no existe ningún sistema de depuración para acelerar la eliminación del monóxido de carbono una vez que ha entrado en el organismo, un antídoto para la intoxicación por este gas es el oxígeno, administrado en condiciones normobáricas o hiperbáricas según el caso. (Fernández, 2004)

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 TIPO DE ESTUDIO

La investigación llevada a cabo, fue un estudio analítico, descriptivo de tipo transversal en la población con características de exposición crónica a emisiones de monóxido de carbono proveniente de emisiones de automotores.

3.1.2 DISEÑO

Para evaluar la exposición de los habitantes de la ciudad de Azogues al monóxido de carbono, se seleccionó a la población objeto de estudio de tres puntos considerados como de mayor tránsito vehicular; en cada una de las zonas incluida la zona control, se determinaron las concentraciones de monóxido de carbono ambiental. Se valoró el biomarcador Carboxihemoglobina y se comparó con los datos obtenidos del monitoreo ambiental en estas tres zonas, y se identificó la existencia o no de síntomas y signos asociados a la intoxicación por CO así como su frecuencia de aparición.

3.1.3 VARIABLES

Las variables analizadas en esta investigación fueron:

- Variables independientes:

Tiempo de residencia o de trabajo, signos y síntomas que se relacionan con la intoxicación por monóxido de carbono, concentración de monóxido de carbono en el ambiente.

- Variables dependientes:

Concentración de Carboxihemoglobina



- Variable indicador:

Se consideró como indicador al sitio o lugar de monitoreo, es decir a las 3 zonas objeto de estudio consideradas como de mayor tránsito vehicular.

3.2 AREA DE ESTUDIO

3.2.1 SELECCIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO

La ciudad de Azogues, capital de la provincia del Cañar se encuentra a una altitud de 2,984 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas son 2°43'60" S y 78°49'0" W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o -2.73333 y -78.8167 (en grados decimales). (WorldMap, 2014)

Cuenta con una población de 70.064 habitantes según el último censo del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) en 2010.

Las zonas en las que se realizó la investigación fueron aquellas consideradas de mayor tránsito vehicular, las cuales se seleccionaron en base a información entregada por el Departamento de Seguridad y Salud ocupacional del Cuerpo de Bomberos de Azogues en base al flujo vehicular y las condiciones que presentan para facilitar la exposición de la población al contaminante.

Se determinó una zona C de control sin contaminación ambiental aparente por CO en la que se determinó la concentración de este gas y se valoró el porcentaje de Carboxihemoglobina a un grupo de habitantes no expuestos.

La información referente al tránsito en la ciudad de Azogues fue captada por las cámaras de video- vigilancia del ECU 911 y reportes correspondientes a los meses de septiembre y octubre del año 2012 que indican niveles de saturación de tránsito vehicular. Anexo 1.



Las áreas seleccionadas fueron las siguientes:

- Zona 1 Terminal Interprovincial (Avenida Che Guevara)
- Zona 2 Emilio Abad entre 10 de Agosto y Solano (centro de la ciudad)
- Zona 3 Terminal Interparroquial (Calle Azuay y Av. 24 de Mayo)
- Zona C Control (Parroquia Nazón)

3.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

La Zona 1 y 2 son áreas con un número importante de comerciantes formales e informales y trabajadores expuestos al CO proveniente de las emanaciones de automotores principalmente de transporte público.

La zona 2 correspondiente al centro de la ciudad, no consta en el informe del Departamento del cuerpo de Bomberos, pero se seleccionó debido a que por la zona circulan al menos cuatro líneas de transporte urbano y por la exposición evidente de la población que habita o labora en la zona a los gases emanados por estos automotores.

3.2.3 LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

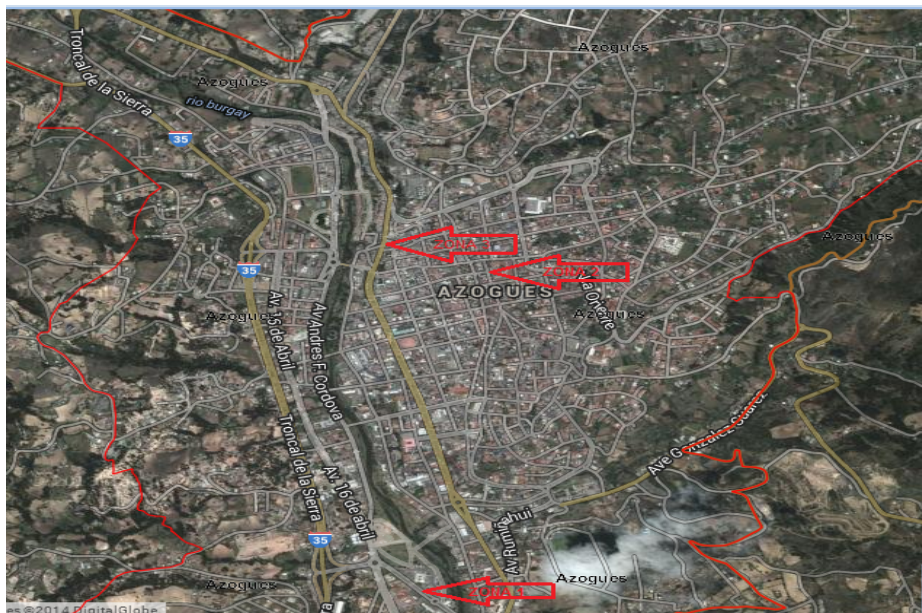


Figura 4. Mapa del cantón Azogues en el que se identifican las tres zonas de estudio.

Fuente modificada: WorldMap, 2014



Figura 5. Mapa del cantón Azogues en el que se señala la localización de la zona 1.

Fuente modificada: WorldMap, 2014

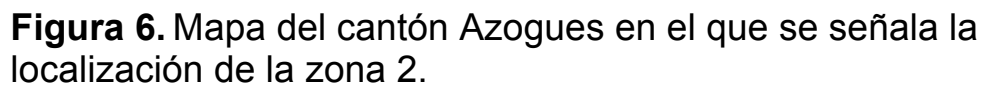


Figura 7. Mapa del cantón Azogues en el que se señala la zona 3.

39



3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 GRUPOS DE ESTUDIO

En la investigación participaron dos grupos de personas: un grupo expuesto (GE), constituido por individuos que habitan y/o trabajan como comerciantes formales (permanentes) en las tres zonas consideradas de mayor tránsito vehicular de la ciudad de Azogues, descritas anteriormente y un grupo de control (GC) constituido por habitantes de la parroquia rural de Nazón y sus alrededores, localizada a 15 minutos de la ciudad en dirección noroeste, la misma que se caracteriza por ser una zona montañosa, apartada. La población de esta zona se dedica principalmente a actividades agrícolas y quehaceres domésticos.

El número total de muestras propuestas convenientemente en las que se valoró la concentración de Carboxihemoglobina fue de 60 individuos para el GE (20 por cada zona de muestreo) y 10 del GC; teniendo en cuenta los criterios de exclusión e inclusión descritos a continuación.

3.3.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Los participantes fueron seleccionados aleatoriamente, incluyendo a los habitantes y/o comerciantes permanentes o formales así como empleados de comercios cuya localización (hacia la calle) predispone una exposición a las emisiones de monóxido de carbono por parte de los vehículos que circulan por la zona. Participaron en el estudio personas, de ambos sexos, mayores de edad y que manifestaron su intención de colaborar de forma libre y voluntaria previa firma de un consentimiento informado, para dar cumplimiento a los principios éticos para investigaciones médicas.

De ambos grupos se excluyeron a los comerciantes informales ya que su permanencia en la zona de estudio es mínima, individuos fumadores, ya que el



hábito tabáquico puede producir concentraciones de COHb endógena en sangre (COHb-S), de 1,5 a 3% o más; y las embarazadas, ya que la producción endógena de CO aumenta hasta 15 partes por millón (ppm) durante el embarazo. (Rojas M., et al., 2001, p 241).

3.4 FORMA DE MUESTREO

3.4.1 MONITOREO AMBIENTAL

El monitoreo ambiental se realizó en meses diferentes para cada una de las zonas de estudio y se registraron las concentraciones de CO ambiental de dos horas diarias durante una semana (semana en la que se llevó a cabo de forma paralela las determinaciones de Carboxihemoglobina en los grupos de estudio).

Los datos de CO correspondientes a la Zona 1 (Terminal Interprovincial) se obtuvieron, de una investigación paralela realizada por docentes de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues; se emplearon los registros de datos de la semana del 24 al 27 de septiembre de 2013.

Mientras que para la determinación de las concentraciones ambientales de CO en las Zonas 2 (Emilio Abad), Zona 3 (Terminal Interparroquial) y Zona C (Control) se contrató los servicios del Centro de Estudios Ambientales CEA de la ciudad de Cuenca; los monitoreos fueron realizados del 23 al 27 de septiembre del año 2013 en Zona 1; del 10 al 14 de febrero de 2014 en la Zona 2 y del 10 al 14 de marzo 2014 en la Zona 3. La Zona Control se monitoreo durante una hora el día 23 de abril de 2014.

En la Tabla 3 se resume el esquema de monitoreo.

Tabla 3 Esquema de monitoreo ambiental de Monóxido de Carbono para las zonas de estudio

| Zona | Localización | Hora de monitoreo | Periodo |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| 1 Terminal Interprovincial | Avenida Che Guevara | 10h00-12h00 | Semana del 23 al 27 de septiembre de 2013 |
| 2 Emilio Abad Centro de la ciudad. | Sección entre 10 de Agosto y Solano | 10h00-12h00 | Semana del 10 al 14 de febrero de 2014 |
| 3 Terminal Interparroquial | Calle Azuay y Av. 24 de Mayo | 10h00-12h00 | Semana del 10 al 14 de marzo de 2014 |
| C Control | Parroquia Nazón | 10h00-11h00 | 21 de abril de 2014 |

Fuente: Autor

3.4.2 GRUPOS DE ESTUDIO (VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA).

La cuantificación de Carboxihemoglobina se realizó de forma paralela durante la semana en la que se efectuó el monitoreo ambiental en las zonas de estudio; las muestras de sangre fueron recolectadas entre las 12h00 y 16h00 entendiéndose que en este horario el grupo de estudio ya se encuentra expuesto al monóxido de carbono al menos 4 horas. El procesamiento de las muestras fue llevado a cabo a partir de las 16h30, por la autora en un Laboratorio Clínico de la Ciudad.



3.5 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACION

3.5.1 INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se informó de forma verbal a la población estudiada sobre los objetivos y aspectos fundamentales de la intoxicación por CO, una vez realizado esto se solicitó el permiso por escrito y aceptación voluntaria de cada uno de los participantes mediante un consentimiento informado. Anexo 2

Para la recolección de la información de la población expuesta se aplicó encuesta (Anexo 3) para conocer sus antecedentes personales y laborales, historia clínica (con énfasis en los signos y síntomas inespecíficos relacionados con la exposición crónica al CO), estilos de vida (consumo de alcohol), consumo de medicamentos, antigüedad en el trabajo y/o residencia en la zona en años, así como la permanencia en horas en la zona de estudio. Se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión antes descritos, previo a la aplicación del formulario.

Se obtuvo un registro digital de los resultados de monitoreo ambiental en la Zona 1, mientras que el CEA entregó un informe físico de resultados de las zonas monitoreadas (Anexo 4); así como un registro de resultados de análisis de Laboratorio con los valores de Carboxihemoglobina.

3.5.2 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Todos los datos e información recolectada y disponible fue almacenada como base de datos en el paquete Excel 2013 y luego transportada al paquete estadístico SPSS 19 así como a Graph Pad Prism 5 para su análisis estadístico. La base de datos fue depurada, y algunas variables fueron codificadas para el análisis.



3.6 METODOLOGÍA ANALÍTICA

3.6.1 MONITOREO AMBIENTAL DE MONÓXIDO DE CARBONO

La medición de las concentraciones de CO ambiental en la Zona 1 correspondiente a la Terminal interprovincial, fue realizado por un grupo de investigadores de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues, para el monitoreo se utilizó el equipo **aSEMSE m III CO/CO₂** (ver especificación técnicas en el ANEXO 5), que cuenta con un sensor electroquímico para la detección de CO y CO₂; reportando mediciones cada minuto las mismas que se almacenan en un software y los datos están disponibles en línea.

Para este punto de muestreo se emplearon los datos de las mediciones de dos horas (10h00 – 12h00) correspondientes a la semana del 23 al 27 de septiembre de 2013.

El monitoreo de las Zonas 2, 3 y control fue efectuado por un equipo de técnicos del CEA, empleando un equipo de medición de gases en aire ambiente Marca BW Technologies (Honeywell) GasAlertMicro 5 PID. Este equipo tiene instalado sensores electroquímicos para detección de gases: Monóxido de carbono, oxígeno, compuestos volátiles del carbono (COVs) y LEL. Se monitoreó dos horas diarias (10h00 – 12h00) de lunes a viernes; en la semana del 10 al 14 de febrero de 2014 para la Zona 1 y en la semana del 10 al 14 de marzo de 2014 para la Zona 3. Mientras que en la Zona control se obtuvieron mediciones durante una hora.

3.6.2 VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA

- TOMA DE MUESTRAS



Se obtuvieron muestras de sangre por punción venosa mediante sistema de tubos al vacío de Vacutaner® empleando Heparina como anticoagulante; este procedimiento fue efectuado por personal de apoyo del Laboratorio Clínico en el que se procesaron posteriormente las muestras.

- **ALMACENAJE Y TRANSPORTE**

Las muestras luego de su recolección fueron refrigeradas de inmediato en hielo, almacenadas de esta manera se transportaron al Laboratorio Clínico “Casa del Médico” en la ciudad de Azogues.

- **ENSAYO CUANTITATIVO**

Técnica: Espectrofotométrica

Método: Determinación de CO en sangre por método de reducción con Ditionito de sodio.

- **FUNDAMENTO**

Se procedió de acuerdo a la técnica de Espectrofotometría de Wolf modificada (EFW), basada en la diferencia de absorbancia de una misma muestra tras la aplicación de un agente reductor en la medición de la hemoglobina por el método de la Ciano metahemoglobina (Téllez et al., 2006).

- **PROCEDIMIENTO**

Se rotularon dos tubos de ensayo por cada muestra, a cada uno se le agrega 5 ml de reactivo de Drabkin (SpinReact®) a temperatura ambiente. A uno de ellos se le adicionó 20 lambdas (ul) de sangre anti coagulada con heparina, se mezcló por inversión y se incubó a temperatura ambiente por 10 minutos. A su vez previamente a 1 ml de muestra sanguínea se le adicionó 100 lambdas (μl) de ditionito de sodio al 2%, se mezcló y se incubó por 2 minutos.

Del tubo con muestra con ditionito se toma 20 lambdas de muestra y se adiciona a otro tubo con reactivo de Drabkin, igualmente se incubó 10 minutos.



Al cabo del tiempo de incubación se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro Génesis® 20 a 600 nm de longitud de onda, la calibración del equipo se realizó con patrón de hemoglobina Wiener®. A continuación se registraron las absorbancias de cada tubo por muestra, y se calculó la diferencia de ambas lecturas.

El resultado se expresó en porcentaje y corresponde a los niveles de Carboxihemoglobina en sangre venosa.

Cada muestra se procesó por duplicado para garantizar la reproducibilidad del método.

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versión 19.0 y GraphPad PRISMA 5. Se aplicó la estadística descriptiva y calcularon las frecuencias absolutas de algunas variables de la población estudiada.

Se aplicó un Anova empleando el test de Kruskal Wallis para comparación entre tres grupos y determinar diferencia estadística significativa entre los grupos de estudio y el control.

Para establecer la relación entre las concentraciones del monóxido de carbono ambiental con las concentraciones de Carboxihemoglobina y los síntomas producto de dichas concentraciones (comprobar la interdependencia de las variables) se utilizó el análisis de correlación de Pearson. Empleando además este análisis para contrastar los periodos de exposición con las concentraciones de COHb.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 ANALISIS DESCRIPTIVO DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO

Los grupos objeto de estudio estuvieron comprendidos por 20 individuos y para su descripción se consideraron algunas variables como edad, sexo, tiempo en años de permanencia o residencia en la zona de estudio, horas de permanencia en el lugar de trabajo o zona de exposición.

En las tablas 4, 5 y 6 se registran los promedios de las principales variables que describen a los grupos de estudio. Las tablas de datos completos se encuentran en el Anexo 6

Tabla 4 . Descripción del Grupo 1 correspondiente al Terminal Interprovincial.

| | <i>Edad en años</i> | <i>Horas de Trabajo o permanencia /día</i> | <i>Tiempo en años de laborar o residencia</i> |
|---------------------|---------------------|--|---|
| <i>x (media)</i> | 37 | 8 | 6 |
| <i>Valor mínimo</i> | 19 | 4 | 1 |
| <i>Valor máximo</i> | 62 | 12 | 16 |

Fuente: Autor

El Grupo 1 correspondiente a la zona del Terminal Interprovincial, estuvo conformado por un número de 20 comerciantes de puestos fijos así como personal que labora en la terminal, no se consideró a habitantes ya que es una zona netamente comercial sin existencia de viviendas en el perímetro o contiguas al terminal. El 65,00% conformado por hombres y 35,00% restante por mujeres. La edad promedio fue de 37 años, con una edad mínima y máxima de 19 años y 62 años respectivamente. La permanencia media en el sitio o puesto de trabajo, relacionada con el tiempo diario de exposición al monóxido de carbono fue de 8 horas por día, con una permanencia mínima de 4 horas y una máxima de 12 horas. En cuanto al tiempo expresado en años de laborar en la zona la media encontrada fue de aproximadamente 6 años, con un tiempo mínimo y máximo de 1 y 16 años respectivamente.

Tabla 5. Descripción del Grupo 2 correspondiente a la
Calle Emilio Abad

| | <i>Edad en años</i> | <i>Horas de Trabajo o permanencia /día</i> | <i>Tiempo en años de laborar o residencia</i> |
|--------------------------------|--------------------------------|---|--|
| <i>x (media)</i> | 39 | 8 | 5 |
| <i>Valor mínimo</i> | 21 | 6 | 0,25 |
| <i>Valor máximo</i> | 69 | 12 | 24 |

Fuente: Autor

El Grupo 2 que pertenece a la zona de la calle Emilio Abad en el centro de la ciudad, estuvo conformado por un número de 20 individuos; 90% comerciantes, dependientes y empleados de negocios o locales de la zona, el 10% residentes, igualmente expuestos ya que poseen negocios hacia la calle. El 30,00% integrada por hombres y 70,00% restante por mujeres. La edad promedio fue de 39 años, con una edad mínima y máxima de 21 años y 69 años respectivamente. La permanencia media en el sitio o puesto de trabajo, relacionada con el tiempo diario de exposición al monóxido de carbono fue de aproximadamente 9 horas por día, con una permanencia mínima de 6 horas y una máxima de 12 horas. En cuanto al tiempo expresado en años de laborar o residir en la zona fue de aproximadamente 5 años y medio, con un tiempo mínimo y máximo de 0,25 años (3 meses) y 24 años respectivamente.

Tabla 6. Descripción del grupo 3 correspondiente al Terminal Interparroquial

| | <i>Edad en años</i> | <i>Horas de Trabajo o permanencia /día</i> | <i>Tiempo en años de laborar o residencia</i> |
|---------------------|---------------------|--|---|
| <i>x (media)</i> | 45 | 10 | 10 |
| <i>Valor mínimo</i> | 19 | 6 | 0,5 |
| <i>Valor máximo</i> | 75 | 12 | 27 |

Fuente: Autor

El Grupo 3 correspondiente a la zona del Terminal Interparroquial, estuvo conformado por un número de 20 individuos, el 75% son trabajadores y comerciantes de puestos fijos y el 25% habitantes de la zona. El 35,00% conformado por hombres y 65,00% mujeres. La edad promedio fue de 45 años, con una edad mínima 19 años y una máxima de 75 años. La permanencia media en el sitio o puesto de trabajo, relacionada con el tiempo diario de exposición al monóxido de carbono fue de 9 horas y media por día, con una permanencia mínima de 6 horas y una máxima de 12 horas. En cuanto al tiempo expresado en años de laborar o residir en la zona fue de aproximadamente 10 años, con un tiempo mínimo de 6 meses; y un máximo de 27 años.

4.2 MONITOREO AMBIENTAL DE MONÓXIDO DE CARBONO

Tabla 7. Concentraciones promedio de monóxido de carbono en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una hora

| 1Día de Monitoreo | Zona 1 | Zona2 | Zona 3 | Zona Control |
|-------------------|---------|--------|---------|--------------|
| 1 | 336,31 | 636,72 | 1792,12 | 0,00 |
| 2 | 1161,14 | 593,76 | 444,06 | - |
| 3 | 87,48 | 600,23 | 599,21 | - |
| 4 | 79,53 | 366,09 | 463,76 | - |
| 5 | 178,33 | 642,4 | 1845,48 | - |
| x (media) | 368,56 | 567,84 | 1028,92 | - |

²Kruskal-Wallis test P value = 0,0037

¹ Anexo 5 Resultados de Monitoreo Ambiental

² Anexo 7 Tablas de Resultados de Análisis Estadísticos



Límite permisible de CO en aire ambiente para una hora 30000ug/m³ (TULSMA Ministerio del Ambiente, 2011)

Fuente: Autor

Las concentraciones promedio de monóxido de carbono correspondientes a los cinco días de mediciones en cada uno de los puntos fueron: 368,52 ug/m³ en la Zona 1 Terminal Interprovincial, encontrándose una concentración máxima de 1161,14 ug/m³ el día 2 y una mínima de 79,53 ug/m³. En la Zona 2 la concentración promedio hallada fue 567,84 ug/m³, la máxima 636,72 ug/m³ y la mínima 366,09 ug/m³. Las concentraciones encontradas para la Zona 3 fueron: un promedio de 1028,92 ug/m³ con un valor máximo de 1845,92 ug/m³ y un mínimo de 444,06 ug/m³. Las concentraciones de monóxido de carbono en la zona control fueron: 0,00 ug/m³. En ninguno de los casos se supera el límite permitido como se establece en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA) vigente.

El análisis ANOVA, test de Kruskal-Wallis para grupos independientes demostró que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) al comparar las medias de las concentraciones de CO de cada una de las zonas con la concentración de CO de la Zona control.

4.3 VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA

4.3.1 VALORACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL GRUPO 1

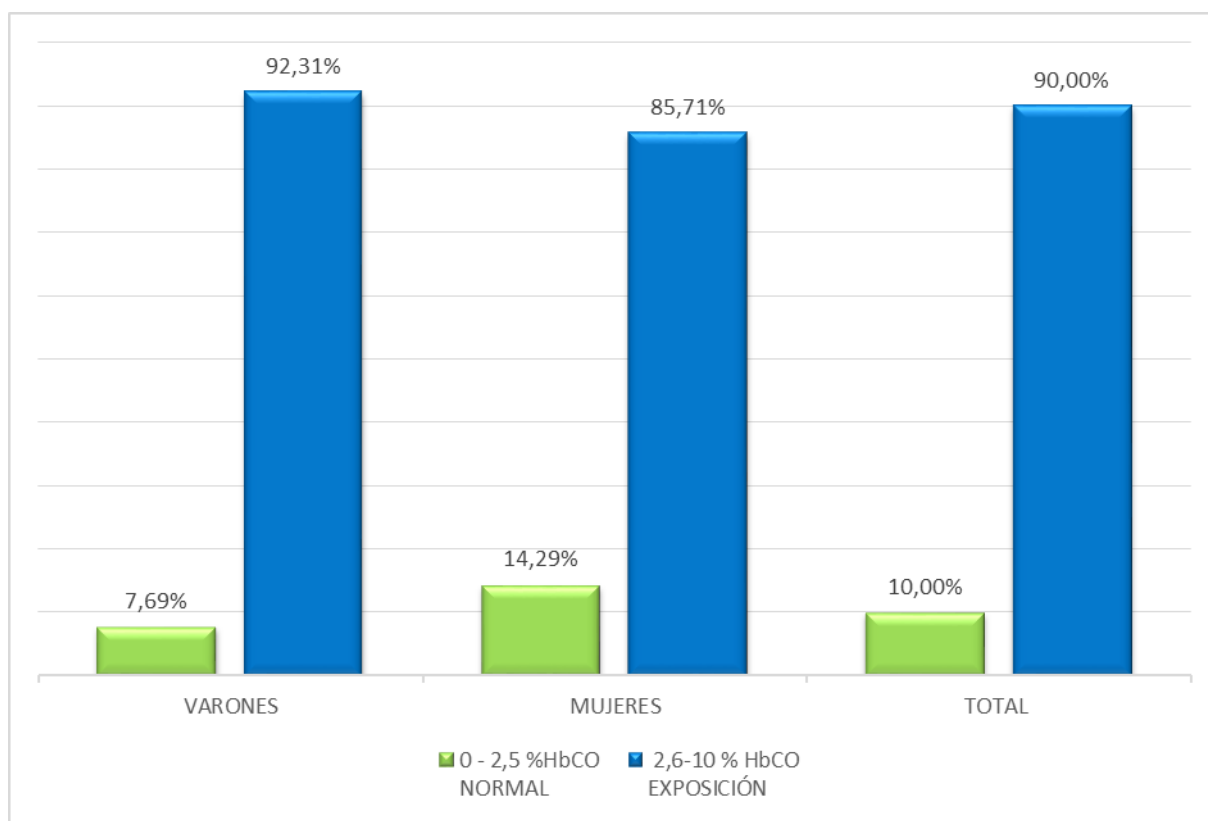


FIGURA 8 Concentración De Carboxihemoglobina Grupo 1 Zona Terminal Interprovincial

Fuente: Autor

En relación al valor de referencia establecido por la OMS para Carboxihemoglobina (0,5-2.5%), se encontró que únicamente el 10% de individuos de la Zona 1 presentan valores de Carboxihemoglobina considerados como normales, mientras que el 90% superan este valor. Del

total de varones (13), el 7,69% presentaron valores por debajo de los valores referenciales mientras que el 92,31% lo superan. En cuanto al conjunto de mujeres estudiadas en este grupo el 14, 29% presentan valores considerados normales de Carboxihemoglobina y el 85,71% mostraron niveles superiores al valor referencial.

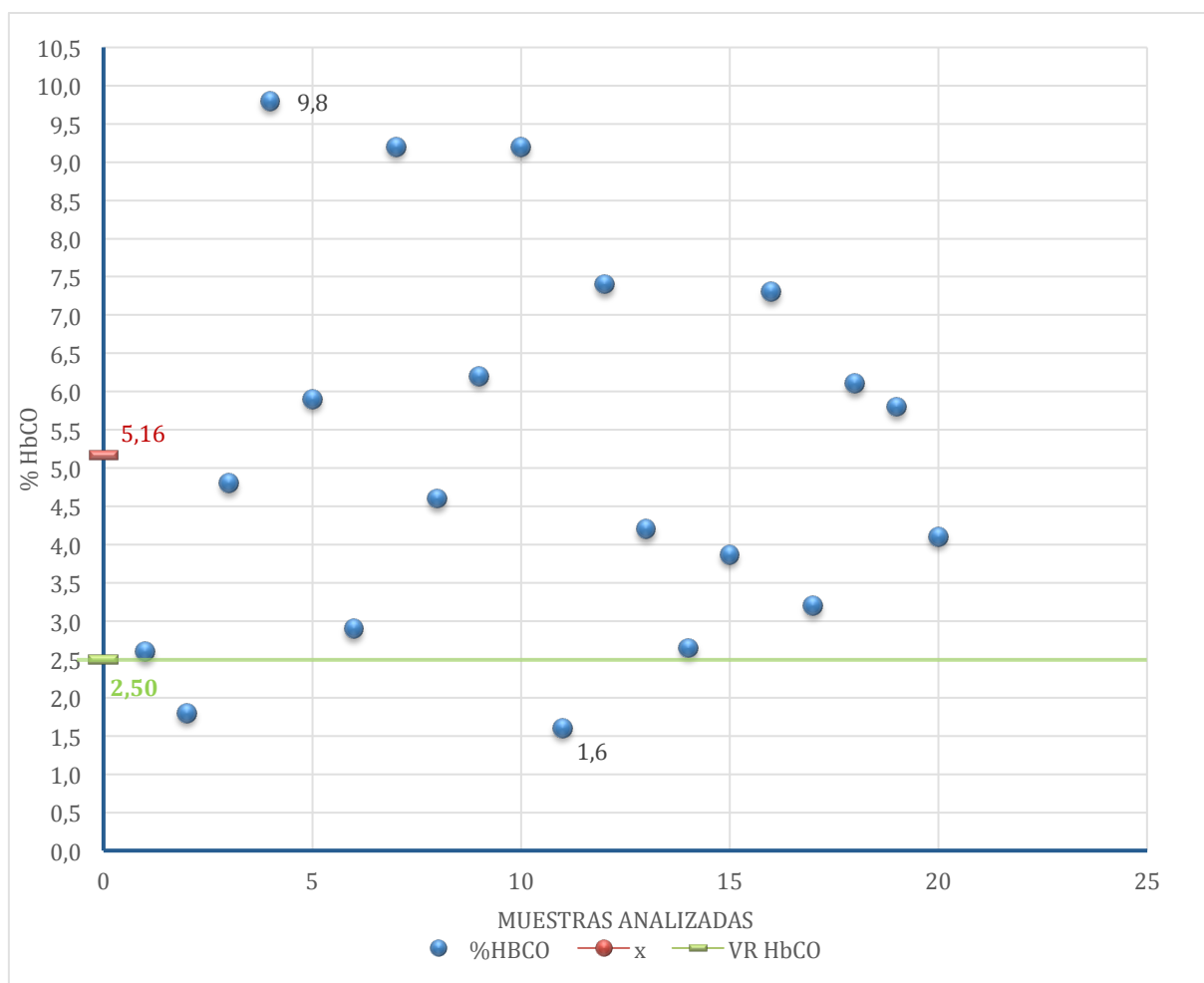


FIGURA 9. Distribución de las Concentraciones de Carboxihemoglobina Grupo 1 Zona Terminal Interprovincial

Fuente: Autor

La concentración media de Carboxihemoglobina encontrada en el Grupo 1 de estudio fue de 5,16% (superior al valor de referencia), registrándose una concentración máxima de 9,8% y una mínima de 1,6% (por debajo del límite permitido).

4.3.2 VALORACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL EN LA POBLACIÓN PERTENECIENTE A LA ZONA 2

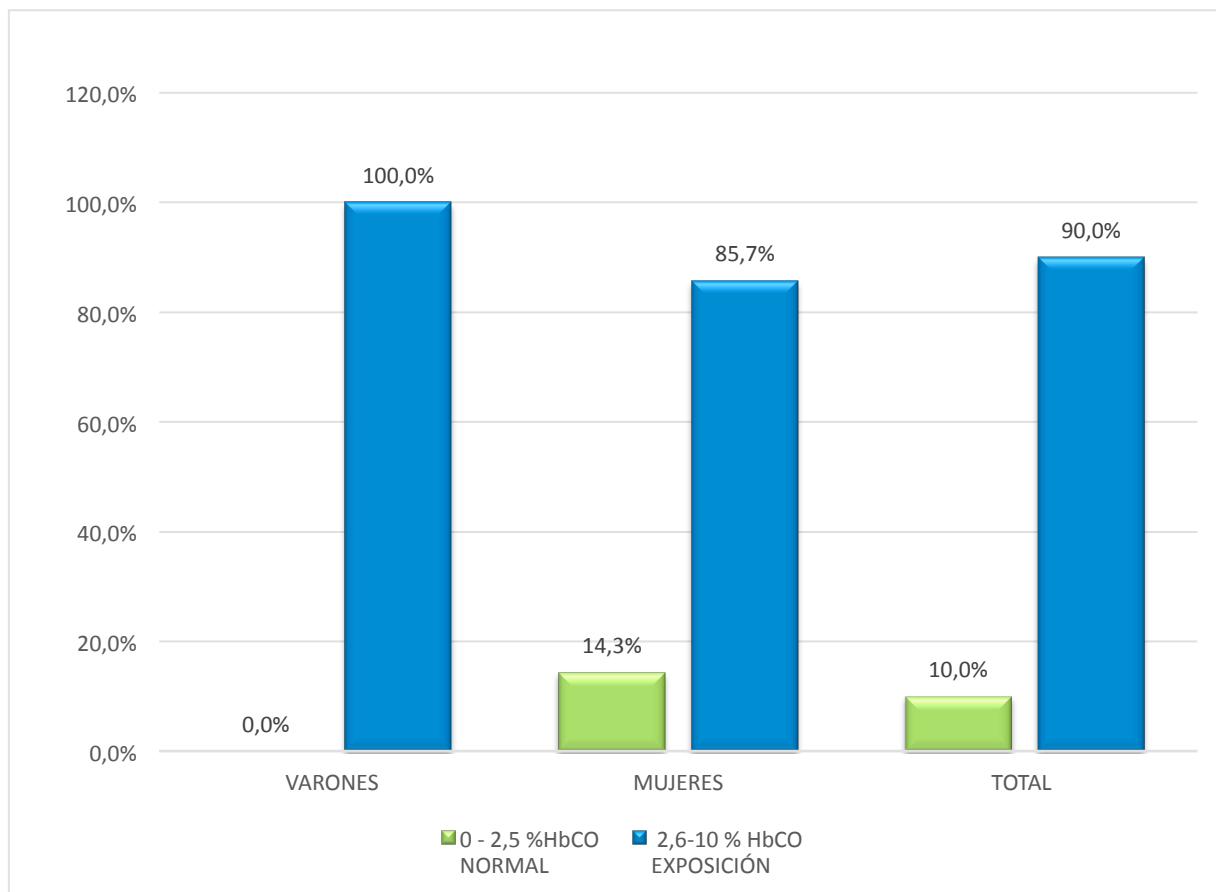


FIGURA 8. Concentración de carboxihemoglobina en la población de la zona 2 Emilio Abad

Fuente: Autor

En este grupo las concentraciones de Carboxihemoglobina consideradas como normales están presentes en el 10% de individuos, mientras que el 90% superan este valor. El total de varones en este grupo de estudio (6) presentaron valores superiores a 2,5% de HbCO. Del total de mujeres el 14,3%

mostraron concentraciones del biomarcador HbCO por debajo de los valores referenciales mientras que el 85,7% lo superan.

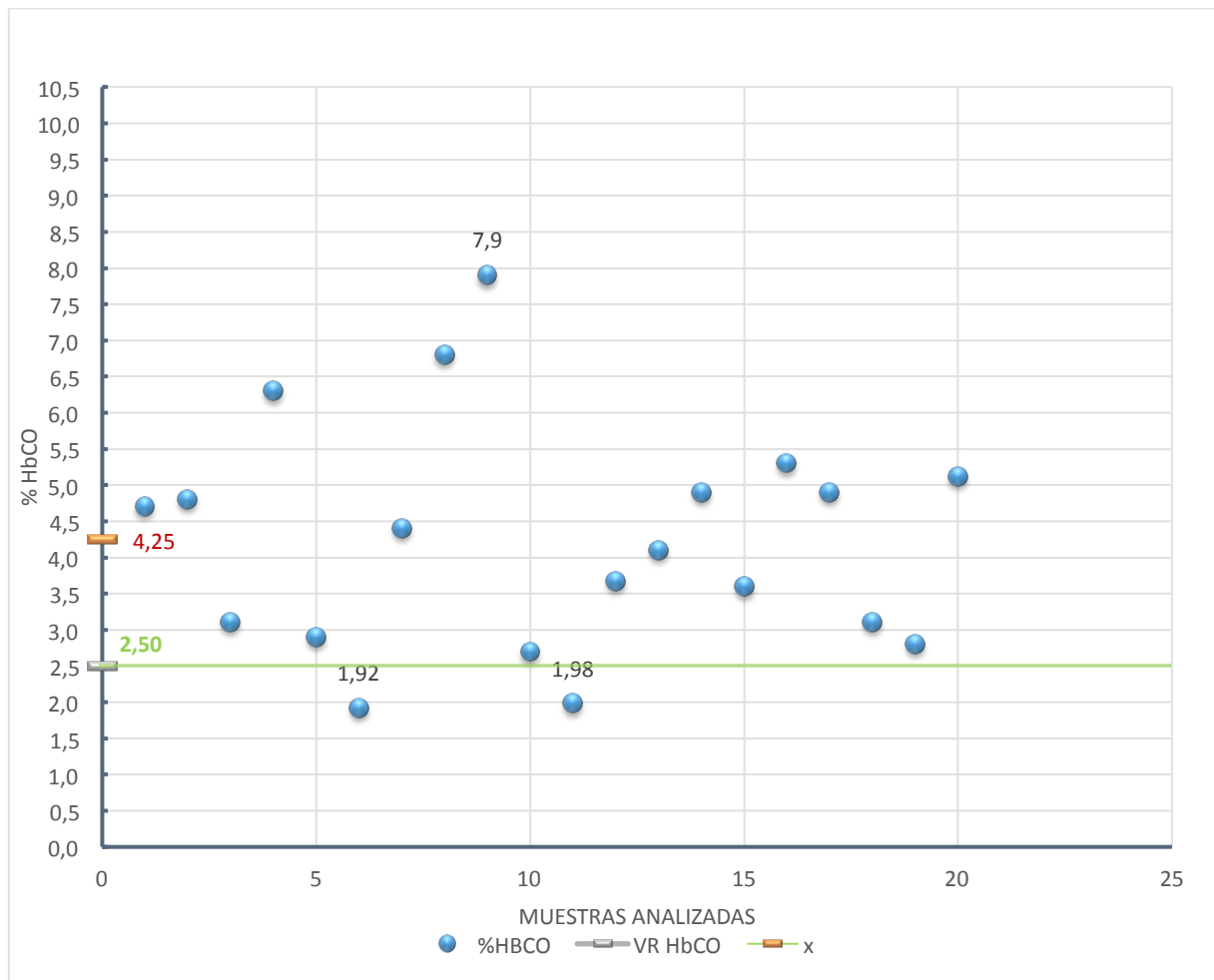


Figura 9. Distribución de las Concentraciones de Carboxihemoglobina en la población perteneciente a la zona Emilio Abad

Fuente: Autor

La concentración media de Carboxihemoglobina encontrada para el Grupo 2 de estudio correspondiente a la Zona Emilio Abad (centro de la ciudad) fue de 4,25% (superior al valor de referencia), encontrándose una concentración máxima de 7,9% y una mínima de 1,92% por debajo del límite permitido establecido por la OMS de 2,5% de HbCO. Figura 7

4.3.3 VALORACION DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN LA POBLACIÓN PERTENECIENTE A LA ZONA 3

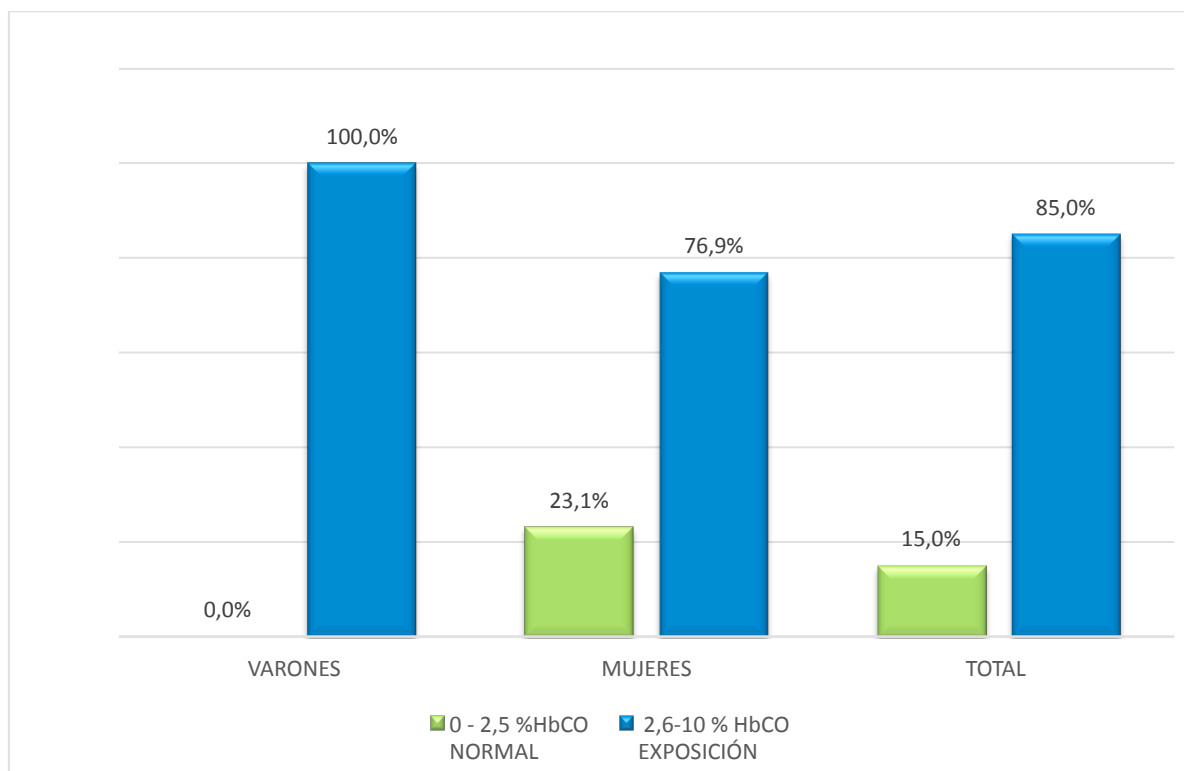


Figura 10. Concentración De Carboxihemoglobina en la población perteneciente a la zona Terminal Interparroquial

Fuente: Autor

Las concentraciones de Carboxihemoglobina consideradas como normales estuvieron presentes en el 15% de individuos, mientras que el 85% restante presentaron valores superiores a 2,5%. El total de varones en este grupo de estudio presentaron valores superiores al nivel referencial para HbCO. Del total de mujeres el 23,1% mostraron concentraciones del biomarcador por debajo del valor referencial mientras que el 79,6% lo superan.

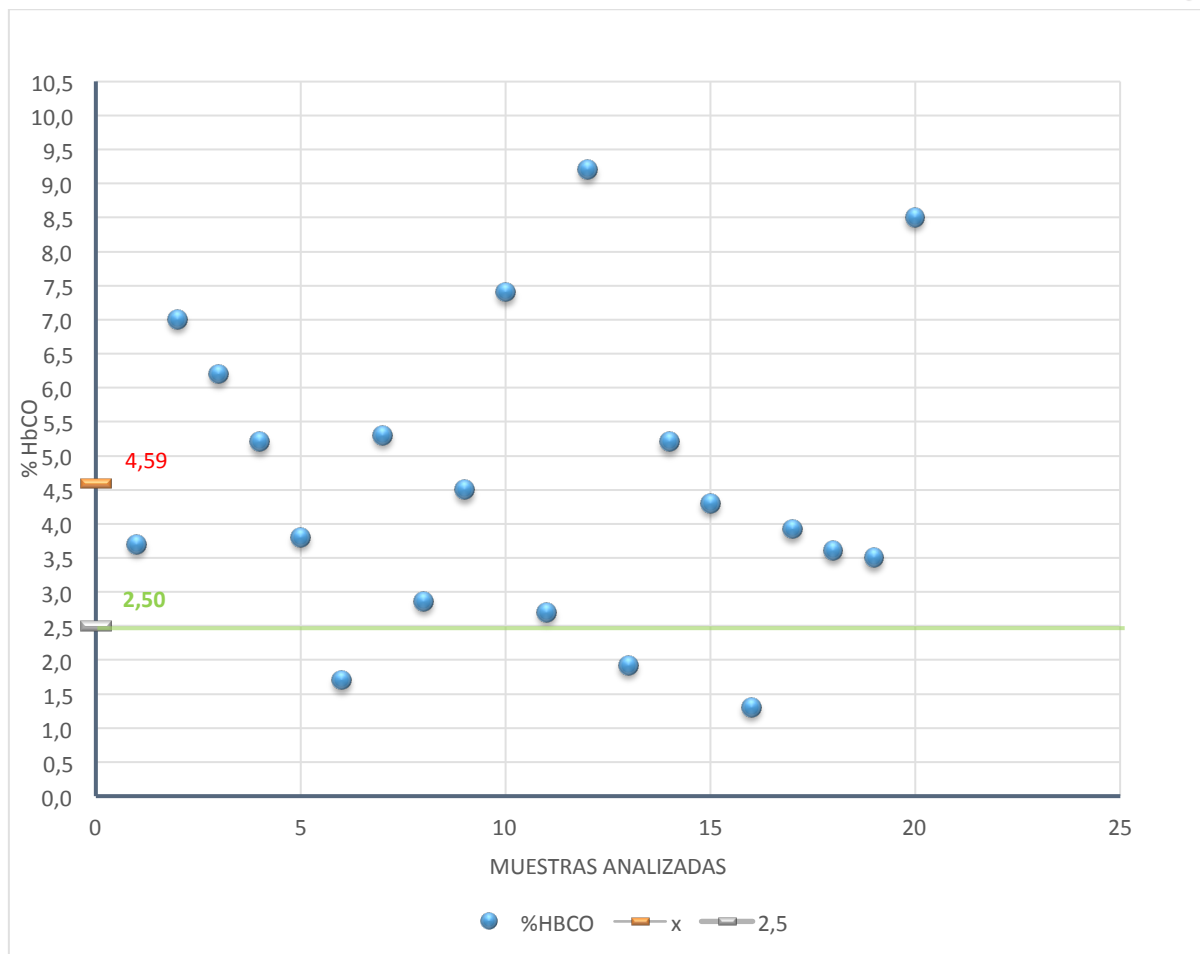


Figura 11. Distribución de las concentraciones de carboxihemoglobina determinadas en la población de la zona Terminal Interparroquial

Fuente: Autor

La concentración media de Carboxihemoglobina encontrada para el Grupo 3 de estudio correspondiente a la Zona del Terminal Interparroquial fue de 4,59% (superior al valor de referencia), encontrándose una concentración máxima de 9,2% y una mínima de 1,3% por debajo del límite permitido establecido por la OMS de 2,5% de HbCO.

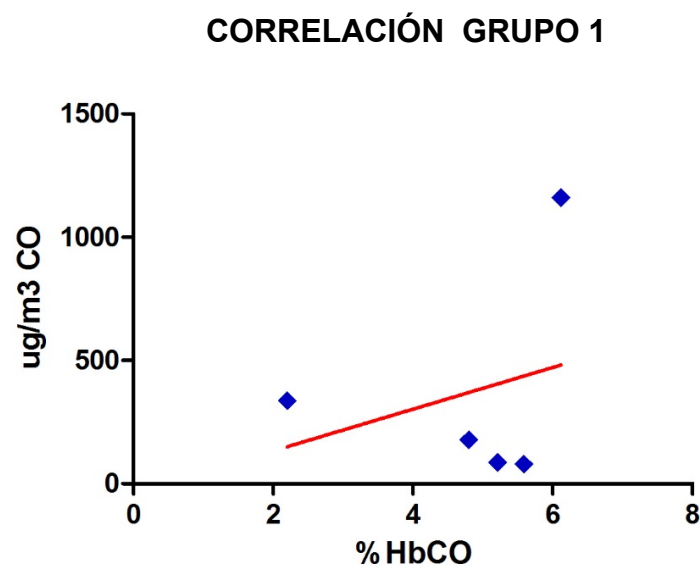
Tabla 8 Concentraciones de Carboxihemoglobina (%HbCO) encontradas en los Grupos de estudio.

| Número de muestra | GRUPO CONTROL-NAZON | GRUPO 1 TERMINAL INTERPROVINCIAL | GRUPO 2 EMILIO ABAD | GRUPO 3 TERMINAL INTERPARROQUIAL |
|--------------------------|----------------------------|---|------------------------------------|---|
| 1 | 1,1 | 2,6 | 4,7 | 3,7 |
| 2 | 1,6 | 1,8 | 4,8 | 7 |
| 3 | 0,9 | 4,8 | 3,1 | 6,2 |
| 4 | 1,2 | 9,8 | 6,3 | 5,2 |
| 5 | 1,4 | 5,9 | 2,9 | 3,8 |
| 6 | 0,4 | 2,9 | 1,92 | 1,7 |
| 7 | 1 | 9,2 | 4,4 | 5,3 |
| 8 | 1,8 | 4,6 | 6,8 | 2,86 |
| 9 | 1,2 | 6,2 | 7,9 | 4,5 |
| 10 | - | 9,2 | 2,7 | 7,4 |
| 11 | - | 1,6 | 1,98 | 2,7 |
| 12 | - | 7,4 | 3,67 | 9,2 |
| 13 | - | 4,2 | 4,1 | 1,92 |
| 14 | - | 2,65 | 4,9 | 5,2 |
| 15 | - | 3,87 | 3,6 | 4,3 |
| 16 | - | 7,3 | 5,3 | 1,3 |
| 17 | - | 3,2 | 4,9 | 3,92 |
| 18 | - | 6,1 | 3,1 | 3,6 |
| 19 | - | 5,8 | 2,8 | 3,5 |
| 20 | - | 4,1 | 5,12 | 8,5 |
| x (media) | 1,18 | 5,16 | 4,25 | 4,59 |

Kruskal-Wallis test *P* value: <0.0001

El análisis ANOVA, test de Kruskal-Wallis para grupos independientes demostró que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) al comparar las medias de las concentraciones de Carboxihemoglobina valoradas para los grupos de estudio con las concentraciones de Carboxihemoglobina encontradas en el grupo control correspondiente a individuos de zonas rurales no expuestos a emisiones de CO.

4.4 CORRELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO AMBIENTAL Y CARBOXIHEMOGLOBINA



Pearson r: 0,2835

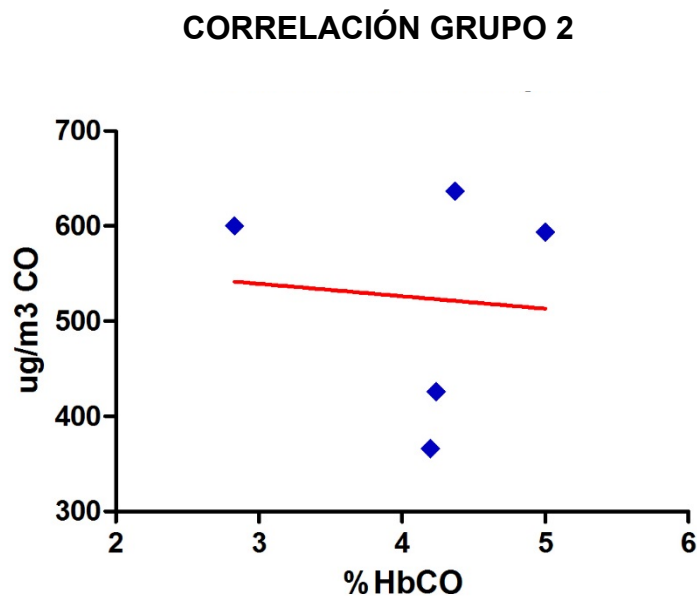
P value: 0,6439

Correlación significativa (alpha= 0,05)

Figura 12. Correlación entre las concentraciones de CO ambiental y HbCO para el Grupo 1

Fuente: Autor

El coeficiente de Pearson demostró que no existe correlación significativa entre las concentraciones de CO y las concentraciones de Carboxihemoglobina encontradas en el Grupo 1.



Pearson r: -0,08684

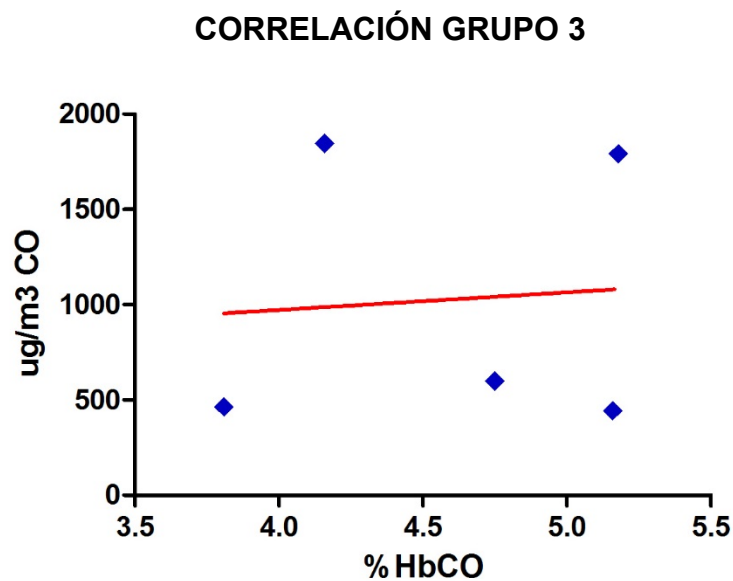
P value: 0,8896

Correlación significativa (alpha= 0,05)

Figura 13. Correlación entre las concentraciones de CO ambiental y HbCO para el Grupo 2

Fuente: Autor

Para el Grupo 2 el coeficiente de Pearson encontrado evidenció que no existe correlación significativa entre las concentraciones de CO y las concentraciones de Carboxihemoglobina determinadas.



Pearson r: 0,07804
P value: 0,9007
Correlación significativa (alpha= 0,05)

Figura 14. Correlación entre las concentraciones de CO ambiental y HbCO para el grupo 3

Fuente: Autor

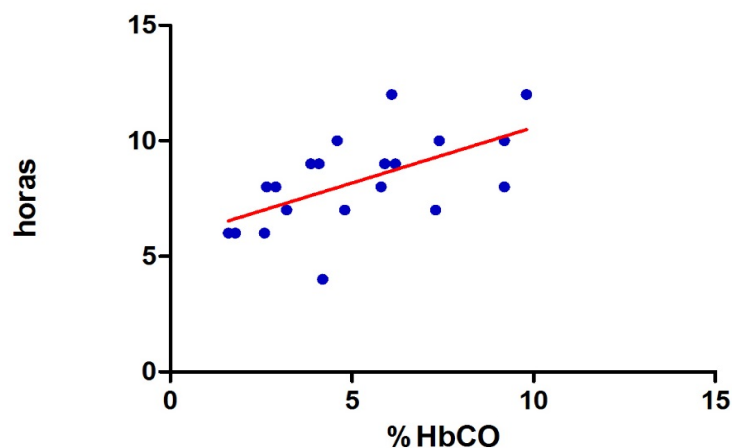
El análisis de correlación entre las concentraciones de CO y las concentraciones de Carboxihemoglobina determinadas para el Grupo 3 demostró que no existe correlación significativa pues el coeficiente de Pearson encontrado se acerca a 0.

Para los tres grupos de estudio se encontró que no existe correlación entre las concentraciones ambientales de monóxido de carbono (dentro de los límites ambientales establecidos para una hora) y los niveles de Carboxihemoglobina encontrados, que en todos los grupos de estudio las medias halladas: 5,16 % Grupo 1; 4,25 Grupo 2 y 4,59 para el grupo 3; que como se observa superaron los valores normales establecidos por la OMS para este biomarcador que es de 0,5 al 2,5%.

Las concentraciones elevadas de carboxihemoglobina dependen de otros factores intrínsecos de la población estudiada o del tiempo de exposición ya sea las horas diarias de permanencia en el sitio de trabajo o vivienda así como de los años de trabajar o residir en la zona, entre otros.

4.5 CORRELACIÓN ENTRE CONCENTRACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN (HORAS DIARIAS Y AÑOS)

CORRELACIÓN PERMANENCIA HORAS /DÍA – % HbCO GRUPO 1



Pearson r : 0,5899

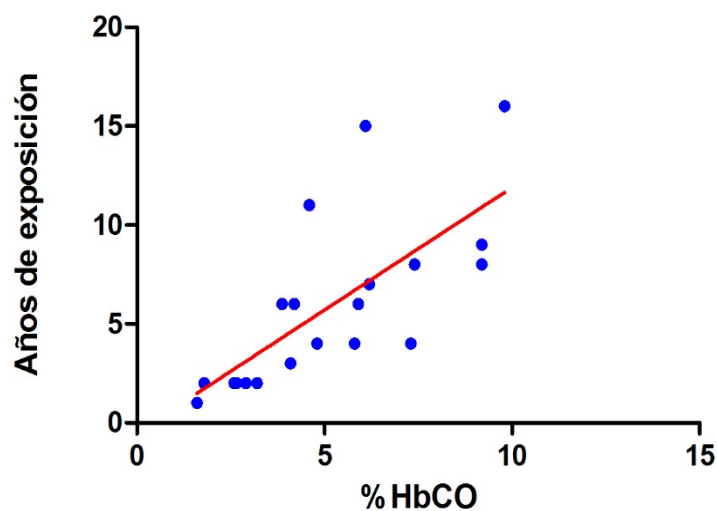
P value: 0,0062

Correlación significativa ($\alpha=0,05$)

Figura 15. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición diario expresado en horas por día. GRUPO 1 Terminal Interprovincial.

Fuente: Autor

El análisis de correlación demostró que para el Grupo 1 existe relación positiva entre las concentraciones de Carboxihemoglobina halladas y las horas de permanencia diaria en la zona.

CORRELACIÓN PERMANENCIA EN AÑOS – % HbCO GRUPO 1

Pearson r : 0,7156

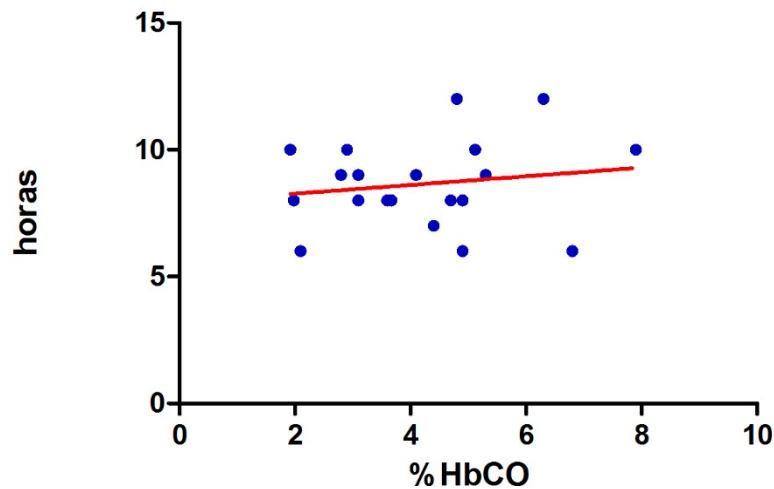
P value: 0,0004

Correlación significativa ($\alpha=0,05$)

Figura 16. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición expresado en años de residir o laborar en la Zona. GRUPO 1 Terminal Interprovincial

Fuente: Autor

Se determinó que para el Grupo 1 existe correlación positiva entre las concentraciones de HbCO y el tiempo expresado en años de permanencia (trabajar en la zona). Lo que evidencia una intoxicación crónica, por exposición prolongada aunque los niveles de CO ambiental para esta zona se encuentren por debajo de los límites permisibles.

CORRELACIÓN PERMANENCIA HORAS /DÍA – % HBCO GRUPO 2

Pearson r : 0,1607

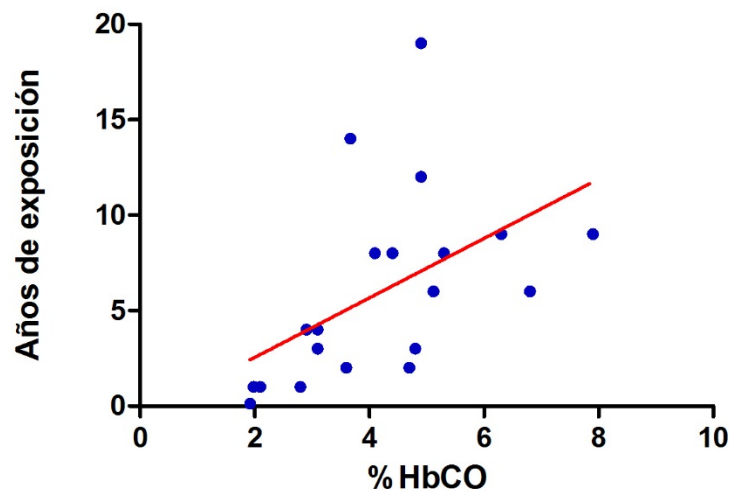
P value: 0,4986

Correlación significativa ($\alpha=0,05$)

Figura 17. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición diario expresado en horas por día. GRUPO 2 Emilio Abad.

Fuente: Autor

El análisis de correlación demostró que para el Grupo 2 correspondiente a la Zona Emilio Abad, no existe correlación entre las concentraciones de Carboxihemoglobina determinadas y las horas de permanencia diaria en la zona.

CORRELACIÓN PERMANENCIA EN AÑOS – % HbCO GRUPO 1

Pearson r : 0,5089

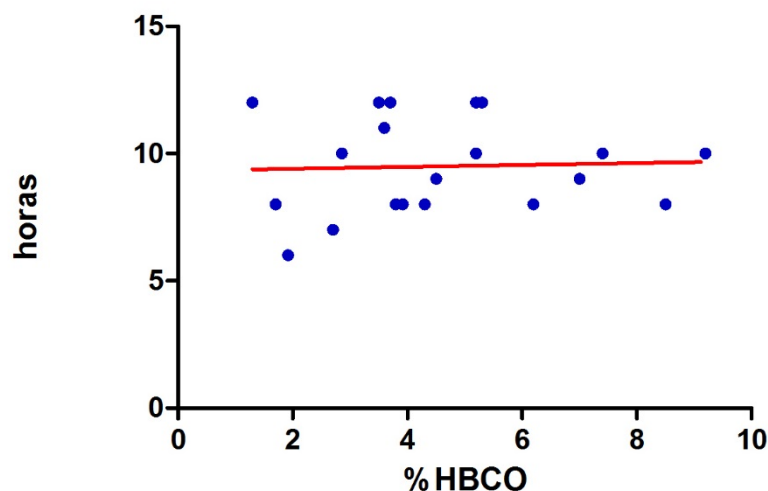
P value: 0,0219

Correlación significativa ($\alpha = 0,05$)

Figura 18. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición expresado en años de residir o laborar en la Zona. GRUPO 2 Emilio Abad

Fuente: Autor

Se determinó que para el Grupo 2 existe correlación positiva entre las concentraciones de HbCO y el tiempo expresado en años de permanencia (trabajar en la zona). Al igual que para el Grupo 1 esto evidencia una intoxicación crónica, por exposición prolongada aunque los niveles de CO ambiental para esta zona se encontraron también por debajo de los límites permisibles.

CORRELACIÓN PERMANENCIA HORAS /DÍA – % HBCO GRUPO 3

Pearson r: 0,04327

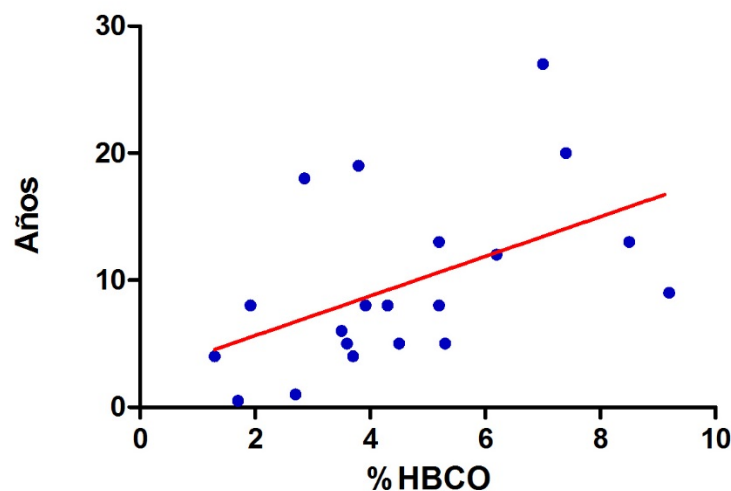
P value: 0,8563

Correlación significativa (alpha= 0,05)

Figura 19. *Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición diario expresado en horas por día. GRUPO 3 Terminal Interparroquial*

Fuente: Autor

El análisis de correlación demostró que para el Grupo 3 correspondiente a la Zona Terminal Interparroquial, no existe correlación entre las concentraciones de Carboxihemoglobina halladas y las horas de permanencia diaria en la zona, es decir, las concentraciones elevadas de HbCO no están en función de la exposición diaria sino dependen de otros factores.

CORRELACIÓN PERMANENCIA EN AÑOS – % HBCO GRUPO 3

Pearson r: 0,4949

P value: 0,0265

Correlación significativa (alpha= 0,05)

Figura 20. Correlación entre concentraciones de Carboxihemoglobina y tiempo de exposición expresado en años de residir o laborar en la Zona. GRUPO 3 Terminal Interparroquial

El coeficiente de correlación Pearson demostró que existe correlación positiva entre las concentraciones de HbCO y el tiempo expresado en años de permanencia (trabajar o residir en la zona). Al igual que para el Grupo 1 y 2 los niveles de CO ambiental para esta zona se encontraron también por debajo de los límites permisibles esto evidencia una intoxicación crónica por exposición prolongada a concentraciones pequeñas de CO ambiental.

4.6 CONCENTRACIONES DE CARBOXIHEMOGLOBINA Y FRECUENCIA DE SÍNTOMAS ASOCIADOS A INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO

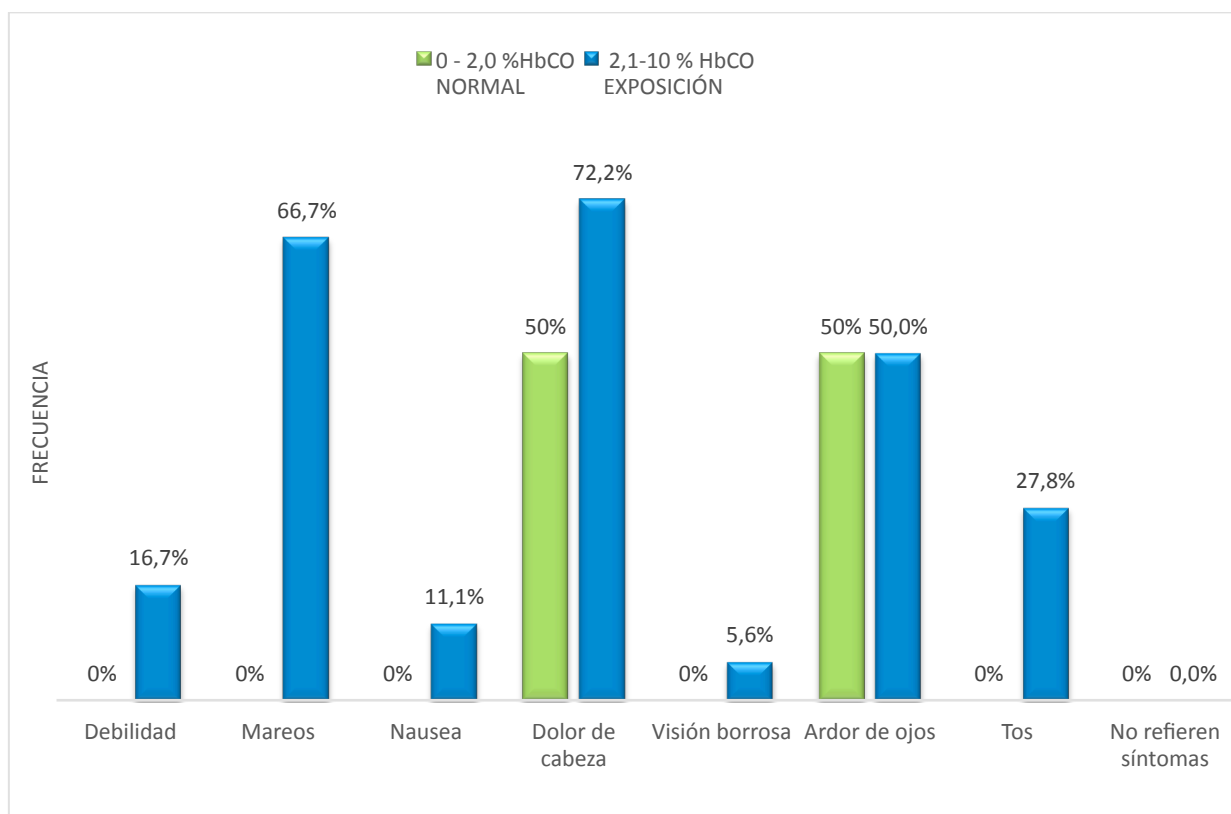


Figura 21. Frecuencia de síntomas referidos que se asocian a intoxicación por monóxido de carbono. Zona 1 Terminal Interprovincial

Del total de individuos que presentan valores normales de Carboxihemoglobina (2), una persona (50%) reportó dolor de cabeza mientras que el otro 50% refirió ardor de ojos; son los dos únicos síntomas referidos. Mientras que del total de individuos (18) con valores elevados de Carboxihemoglobina refirieron varios síntomas. Los síntomas reportados con mayor frecuencia por el Grupo 1

fueron: dolor de cabeza 72,2%, mareos 66,7%, seguido por ardor de ojos 50% y tos 27,8%; mientras que síntomas como debilidad, náusea y visión borrosa fueron referidos en menor grado como se aprecia en la Figura 23.

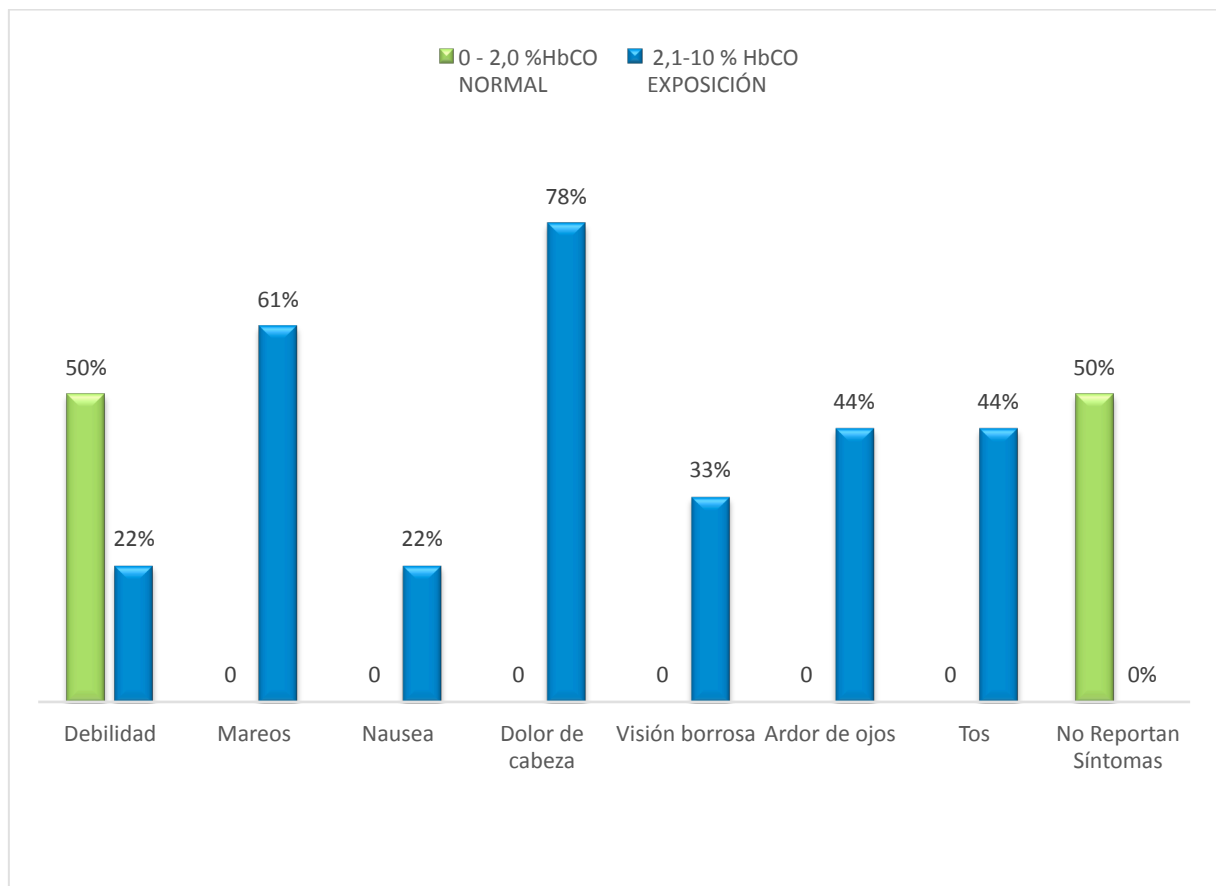


Figura 22. Frecuencia de síntomas referidos que se asocian a intoxicación por monóxido de carbono. Grupo 2 Emilio Abad

Fuente: Autor

En el Grupo 2 de estudio los individuos que presentan valores normales de Carboxihemoglobina (2), un individuo (50%) refirió un único síntoma debilidad, pero este puede deberse a otra causa ya que esta persona reportó en la encuesta tener antecedentes de anemia; mientras que el otro individuo con %HbCO no refirió síntoma alguno. Al analizar a los individuos con %HbCO por

encima del valor referencial de 2,5 (18) estos manifestaron varios síntomas. Los síntomas reportados con mayor frecuencia por el Grupo 2 fueron: dolor de cabeza 78%, mareos 61%, seguido por ardor de ojos 44% y tos 44%; mientras que síntomas como debilidad, náuseas y visión borrosa fueron referidos en menor grado. Como se observa se mantiene la tendencia como en el grupo 1.

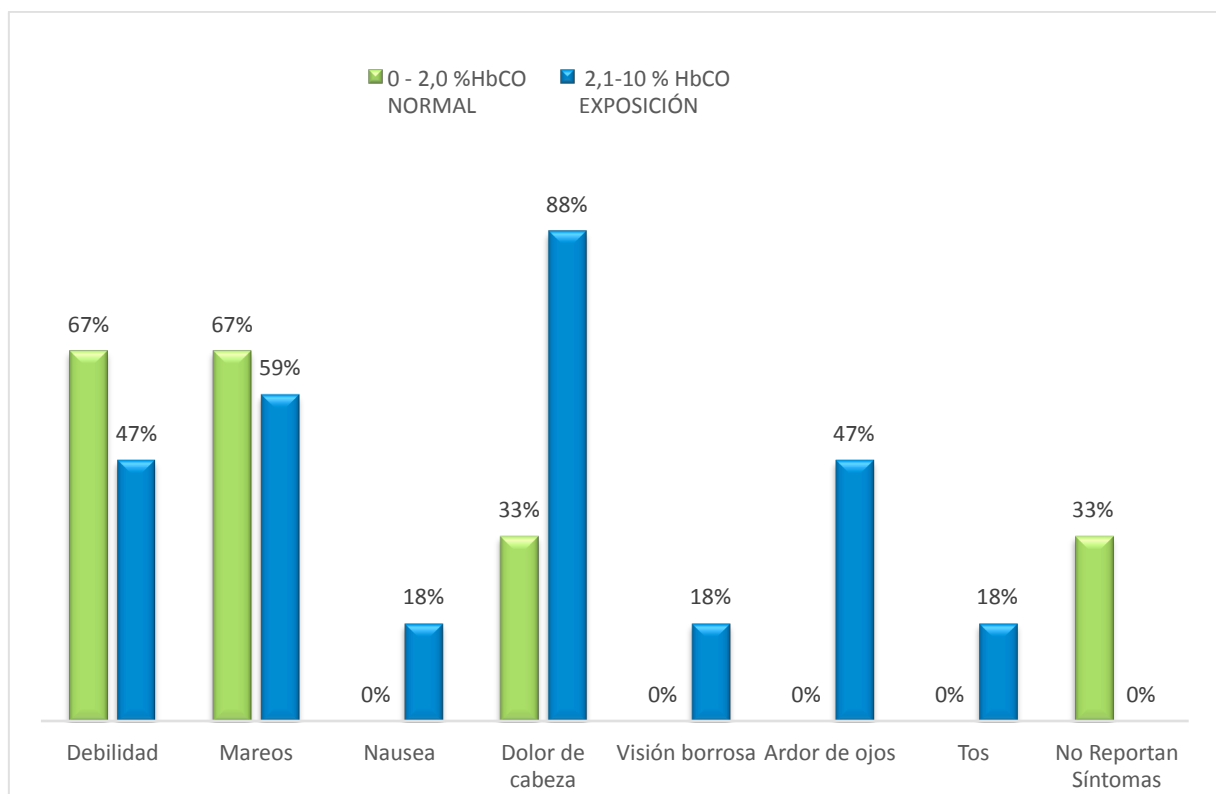


Figura 23. Frecuencia de síntomas referidos que se asocian a intoxicación por monóxido de carbono. Grupo 3 Terminal Interparroquial

Fuente: Autor

Los síntomas reportados por los individuos del grupo 3 que presentan valores normales de Carboxihemoglobina fueron: debilidad 67%, mareos 67%, y dolor de cabeza 33%, síntomas manifestados por dos individuos; mientras que un individuo no reportó síntomas. Las dos personas que reportaron síntomas a



pesar de tener niveles de HbCO normales, reportaron en la encuesta tener antecedentes de anemia. Al analizar a los individuos con %HbCO por encima del valor referencial de 2,5%, de la población estudiada 17 manifestaron varios síntomas. Los síntomas reportados con mayor frecuencia por el Grupo 3 fueron: dolor de cabeza 88%, mareos 59%, debilidad y ardor de ojos 47% cada uno; mientras que síntomas como tos, náuseas y visión borrosa fueron referidos en menor frecuencia. En este grupo también se mantiene la tendencia como en los grupos 1 y 2 en cuanto al tipo de síntomas referidos y su frecuencia de aparición.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

La WHO (2005) establece que el monóxido de carbono es uno de los principales contaminantes ambientales, especialmente en zonas con alto tránsito vehicular; se disponía de limitada información referente a este contaminante ambiental y los efectos sobre la salud en población de la ciudad de Azogues.

En base a información proporcionada por el Departamento de Seguridad y Salud ocupacional del Cuerpo de Bomberos de Azogues con respecto al flujo vehicular en Azogues para los meses de septiembre y octubre del año 2012, señalan niveles de saturación de tránsito vehicular en la ciudad considerando como: Saturado (>2000 vehículos) y Muy Saturado (> 2500 vehículos) en ciertas zonas y en horas pico.

Las zonas seleccionadas según lo anterior fueron: zona 1 Terminal Interprovincial, zona 2 Emilio Abad y zona 3 Terminal Interparroquial. Otra de las razones por la que se eligieron estas zonas es por el tipo de vehículos que transitan, que en gran número corresponden a buses de transporte urbano en la zona Emilio Abad y buses de transporte interparroquial e interprovincial en las zonas correspondientes a las terminales de transporte de pasajeros.

Las concentraciones de monóxido de carbono ambiental en estas tres zonas no superaron los límites establecidos por el Ministerio del Ambiente en el TULSMA que es “treinta mil microgramos por metro cúbico ($30000\mu\text{g}/\text{m}^3$)” en concordancia a los niveles señalados por la OMS-EPA.

Los promedios de concentración del CO para cada zona de estudio fueron: $368,52\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la zona 1 Terminal Interprovincial, en la zona 2 Emilio Abad la concentración promedio determinada fue $567,84\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para la zona 3 Terminal Interparroquial un promedio de $1028,92\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados son evidentemente inferiores a los considerados permisibles por los organismos de control ambiental y es probable que los valores observados debieran analizarse teniendo en cuenta otras variables tales como la altura sobre el



nivel del mar, condiciones meteorológicas, etc; de acuerdo a los estudios realizados por Rojas (2001), en los que se encontraron también concentraciones por debajo de los límites permitidos en una zona considerada también como de alto tránsito vehicular.

En la zona control la concentración ambiental de CO fue de 0,00 ug/m³ existiendo diferencia estadística significativa en comparación con las zonas de estudio (Kruskal-Wallis test P value = 0,0037).

Esta investigación evaluó el grado de exposición al CO ambiental mediante cuantificación del biomarcador Carboxihemoglobina, por lo tanto la selección del grupo de estudio (conformado por individuos expuestos) cumplió estrictamente con criterios de inclusión como: ser residentes o comerciantes permanentes de estas zonas de estudio; y criterios de exclusión críticos para validar el estudio como: no fumadores, no embarazadas y no tener antecedentes de enfermedades pulmonares crónicas, ya que estas condiciones incrementan las concentraciones de HbCO; es así que los fumadores pasivos y los activos están expuestos a mayores niveles de monóxido de carbono lo que se refleja en niveles de Carboxihemoglobina que van desde el 2% al 10%, y aún más en los fumadores crónicos que pueden llegar a tolerar niveles de este biomarcador de hasta 15% (Ríos, 2011). En cuanto a la condición del embarazo, Rojas M. et al (2001) establece que en las embarazadas la producción endógena de CO aumenta hasta 15 partes por millón (ppm) durante esta etapa.

Las concentraciones promedio de Carboxihemoglobina encontradas en los tres grupos de estudio correspondientes a individuos expuestos, superaron los límites establecidos por la OMS que considera como normales niveles de 0,5% a 2,5%; aun cuando las concentraciones de monóxido de carbono en el ambiente estuvieron por debajo de los límites permitidos. Esto corresponde a lo citado por Rojas et al (2001)

“Los efectos de la exposición prolongada a concentraciones menores que conducen a intoxicación crónica dependen de varios factores como la

concentración del gas en el ambiente, el tiempo de exposición y eventualmente de la cronicidad de la exposición” ya que estos autores en su investigación encontraron también concentraciones de Carboxihemoglobina superiores a 2,5% en individuos expuestos a concentraciones ambientales de CO por debajo de los niveles máximos permitidos.

Los valores de HbCO más elevados encontrados en cada uno de los grupos de estudio fueron: 9,8%, 7,9% y 9,2%; que en ninguno de los casos superan el 10% de Carboxihemoglobina por lo que las concentraciones encontradas corresponden a una intoxicación leve.

Las concentraciones promedio de HbCO halladas fueron: 5,16% para la zona 1 correspondiente a la terminal interprovincial, 4,25 para la zona 2 Emilio Abad y 4,59 en la zona 3 Terminal interparroquial; el análisis ANOVA, test de Kruskal-Wallis para grupos independientes demostró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) al comparar las medias de las concentraciones de Carboxihemoglobina valoradas para los grupos de estudio con las concentraciones promedio de Carboxihemoglobina encontradas en el grupo control (1,18% HbCO) correspondiente a individuos de zonas rurales no expuestos a emisiones de CO. En la investigación realizada por Rojas et al en el 2001, se evaluó la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos en la ciudad de Valencia, Venezuela; encontrándose también diferencia significativa ($t = 3,90$; $p < 0,001$) al comparar las concentraciones de monóxido de carbono en el grupo expuesto frente al grupo control.

El análisis de correlación de Pearson entre las concentraciones ambientales de monóxido de carbono (que estuvieron por debajo de los límites ambientales establecidos para una hora) y los niveles de Carboxihemoglobina encontrados, que en todos los grupos de estudio las medias reportadas superaron los valores normales establecidos por la OMS para este biomarcador que es de 0,5 al 2,5%; se encontró que no existe correlación ya que el coeficiente de Pearson (r) en todos los casos se encontraba cercano a 0,0 tal como se puede observar en las Figuras 14, 15 y 16. Igual caso se evidenció en el estudio realizado por Rojas et al (2001), anteriormente mencionado, en el que la concentración media de CO en aire, no se correlacionó significativamente



con la concentración media HbCO (coeficiente de correlación de Pearson $r=0,087$)

Las concentraciones elevadas de monóxido de carbono dependen de otros factores intrínsecos de la población estudiada o del tiempo de exposición, es decir de las horas diarias de permanencia en el sitio de trabajo o vivienda así como de los años de permanencia en la zona, entre otros. Es así que se correlacionó las concentraciones encontradas de Carboxihemoglobina con los tiempos de permanencia.

Para el grupo 1 de la zona Terminal Interprovincial se determinó que existe correlación positiva entre las concentraciones de Carboxihemoglobina y las horas de permanencia por día en el puesto de trabajo (*Pearson $r: 0,5899$*) así como con los años de laborar en la zona de estudio (*Pearson $r: 0,7156$*), este hecho quizá se debe a condiciones del lugar (quioscos cercanos a los paraderos, garitas de guardias, comerciantes de los paraderos, etc.) ; áreas de trabajo que en su mayoría se encuentra hacia la calle y los individuos muestran una exposición directa a emisiones de CO provenientes de los buses de transporte; asociado a una intoxicación por exposición prolongada ya que existe correlación con respecto a los años de permanencia en la zona.

Para la zona 2 Emilio Abad y zona 3 Terminal Interparroquial se demostró que no existe correlación entre las concentraciones de Carboxihemoglobina y las horas de permanencia diaria (*Pearson $r: 0,1607$ y Pearson $r: 0,04327$ respectivamente*). No obstante existe correlación positiva con respecto a los años de permanencia en la zona; lo que demuestra una intoxicación crónica, por exposición prolongada aunque los niveles de CO ambiental para esta zona se encuentren por debajo de los límites permisibles, corroborando los estudios realizados por Ayo et al (2007) y Rojas et al (2001) entre otros autores quienes tampoco encontraron correlación entre concentraciones ambientales de CO y %HbCO en zonas y población en condiciones similares a la presente investigación.

Los síntomas inespecíficos más importantes asociados a la intoxicación son aquellos que se manifiestan principalmente a nivel del sistema nervioso



central y circulatorio, puesto que el cerebro y corazón son los órganos más susceptibles a la hipoxia, estos incluyen a nivel sistémico: náuseas, vómitos y astenia; dolor de cabeza, fatiga, malestar, pensamiento confuso, mareo, disturbios visuales, dolor en el pecho, dificultad para respirar, pérdida de la conciencia y convulsiones en casos de intoxicación más severos.

En este estudio se determinó que los individuos con concentraciones elevadas de carboxihemoglobina refieren mayor número de síntomas y la frecuencia de aparición es también elevada. Los síntomas referidos con mayor frecuencia en los 3 grupos de estudio fueron: dolor de cabeza, mareos y ardor de ojos manteniéndose la tendencia para los tres grupos como se puede observar en las Figuras 23, 24 y 25.

Las concentraciones de carboxihemoglobina al parecer son las responsables de la aparición de estos síntomas en la población expuesta ya que los individuos con valores de HbCO normales, refieren bajo número de síntomas y en algunos casos no refieren alguno. Se encontró además que tres individuos con concentraciones de HbCO normal refieren mareos y debilidad, reportaron antecedentes de anemia pudiendo ser esta la causa de su aparición.

Con la presente investigación se demostró los efectos de la intoxicación crónica leve en la afectación de la salud de los habitantes de la ciudad de Azogues aun cuando estuvieron expuestos a concentraciones bajas de monóxido en aire ambiente.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Las concentraciones del Monóxido de Carbono (CO), en las tres Zonas de estudio consideradas como de alto flujo vehicular de la ciudad de Azogues; son menores a los límites máximos que establece la normativa ecuatoriana en el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria), en lo referente a de Normas de Calidad de Aire Ambiente.
- Las concentraciones promedio de Carboxihemoglobina (HbCO) encontradas en los grupos de individuos expuestos, superan los valores considerados como normales según la OMS (0,5 a 2.5%); sin embargo ningún valor supera el 10% HbCO, por lo que se estima como una intoxicación por CO leve.
- Se encontró diferencia estadística significativa tanto entre las concentraciones de CO ambiental como de carboxihemoglobina determinadas en los grupos de estudio comparadas con el grupo control (no expuestos).
- Se determinó que no existe correlación entre las concentraciones de CO ambiental y las concentraciones de HbCO encontradas en los grupos de estudio; por lo que se presume que podrían depender de otros factores como el tiempo de exposición y características particulares de los individuos, etc.
- Existe asociación positiva significativa entre las concentraciones sanguíneas de HbCO y el tiempo de exposición considerado en años. Aunque se tenga CO ambiental por debajo del límite permitido, la exposición continua y crónica incrementa los niveles de HbCO a concentraciones tóxicas en individuos expuestos que trae consigo consecuencias clínica como la aparición de síntomas, si bien no específicos, pero atribuidos a la acción toxica del CO.



- Los síntomas más representativos encontrados en individuos expuestos a emisiones de CO y que presentan concentraciones elevadas de HbCO, fueron: cefalea, mareos y ardor de los ojos.
- Se evaluó la exposición al Monóxido de Carbono en individuos de 3 zonas urbanas de elevado flujo vehicular, mediante la determinación de los niveles sanguíneos de Carboxihemoglobina y éstos niveles sanguíneos por encima de los valores referenciales, son responsables de la aparición de signos y síntomas no específicos en la población expuesta estudiada.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayo, X., Armaza, A., Galarza, M., Vargas, I., Ortuño, C., & Trujillo, C. (2007). *Efectos de la exposición prolongada al monóxido de carbono ambiental en población urbana de riesgo*. AGENCIA SUIZA PARA EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN - COSUDE. Cochabamba-Bolivia: Poligraf. Consultado el 7 de marzo de 2014
- Biancucci, G. F., González, D., Pérez, A., Ridolfi, A., & Strobl, A. (2007). *Manual de procedimientos analíticos toxicológicos para laboratorios de baja complejidad*. Argentina. Consultado el 12 de diciembre de 2012
- Cedeño. (2010). *Exposición ambiental a monóxido de carbono en trabajadores del terminal de pasajeros de ciudad Bolívar, estado Bolívar*. Universidad de Oriente, Bolívar. Descargado el 1 de diciembre de 2012, de <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/handle/123456789/2857?mod>
- Center for disease control and prevention. (1996). Deaths from Motor-Vehicle–Related Unintentional Carbon Monoxide Poisoning —Colorado, 1996, New Mexico, 1980–1995, and United States, 1979–1992. *Morbidity and mortality weekly report*, 1029-1031. Obtenido el 12 de febrero de 2014, de <http://www.cdc.gov/mmwr/PDF/wk/mm4547.pdf>
- Ciencias de Joseleg. (septiembre de 2012). *Hemoglobina Humana*. Descargado el 22 de abril de 2014, de <http://cienciasdejoseleg.blogspot.com/2012/10/hemoglobina-humana.html>
- Cuerpo de Bomberos de Azogues. (2012). *Reporte de tránsito vehicular para los meses de septiembre y octubre 2012*. Informe de tránsito vehicular. Azogues: Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Fernández. (2004). *Manual De Toxicología Clínica*. Santiago de Cuba: Centro Provincial De Información De Ciencias Médicas. Consultado el 17 de marzo de 2013.



- Flanagan, R. J., Braithwaite, R. A., Brown, S. S., Widdop, B., & Wolff, F. A. (1995). Basic Analytical Toxicology. *INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY*, 144.
- Harrison, R. M. (2005). Sources of air pollution. *Air Quality Guidelines*, 496. Recuperado el diciembre de 2013.
- Jaimes de Pino, M., & Hernández Esquivel, L. (1990). Determinación de niveles sanguíneos de carboxihemoglobina como función de la exposición al monóxido de carbono en la ciudad de Bogotá. *Revista colombiana de ciencias químico farmacéuticas*(18), 27. Consultado el diciembre de 2012
- Mahoney J, V. J. (1993). Measurement of Carboxyhemoglobin and Total Hemoglobin by Five Specialized. *Clinical Chemistry*. Consultado el 28 de junio de 2013 en <http://site.ebrary.com/id/10390007?ppg=173>
- Martínez G., P., & Cáceres, D. (2004). *Evaluación de la exposición a Monóxido de Carbono en individuos que viven en departamentos de la comuna de Providencia, Región Metropolitana*. Informe de Investigación, Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. Consultado el 28 de junio de 2013, pág. 311-322.
- Ministerio del Ambiente. (2011). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA). *Norma de Calidad del Aire Ambiente. Registro oficial N° 464, Libro VI Anexo 4*. Ecuador. Consultado el 05 de marzo de 2014.
- Mintegui, S., De la Torre, M., & Molina, J. (2003). Intoxicaciones por monóxido de Carbono. En S. Mintegui, *Manual de Intoxicaciones*. Madrid, España: Ediciones Ergon, S.A.
- Morán, I., Martínez de Irujo, J., Marruecos, L., & Nogué, S. (2011). *Toxicología Clínica*. Madrid: Difusión Jurídica y Temas de Actualidad S.A. Consultado el 05 de marzo de 2014



- Oliu, G., & Inoriza, J. M. (2011). Intoxicaciones por Monóxido de Carbono. En M, C. et al, *Toxicología Clínica* (pág. 556).
- Olson K., H. M. (2010). Accident or Arson: Is CO- Oximetry Reliable for Carboxyhemoglobin Measurement Postmortem? *Clinical Chemistry*. Consultado el 05 de marzo de 2014 en <http://site.ebrary.com>.
- OPS/OMS, Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud. (1983). Criterios de salud ambiental 13. Monóxido de carbono. 4. Washington.
- Ponce, R. A. (2005). Variación del nivel de carboxihemoglobina en corredores aficionados en ambientes con tránsito de vehículos motorizados en el distrito de San Isidro. *Revista Médica Herediana*, 16(4). Obtenido el 26 de enero de 2014, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2005000400007&lng=es&nrm=iso. Pág 1-6.
- Repetto J, M., & Repetto K, G. (2009). *Toxicología Fundamental* (Cuarta ed.). Días de Santos. Consultado el 28 de junio de 2013, en <http://site.ebrary.com/id/10390007?ppg=258>
- Ríos, D. S. (2011). *Validación Del Método Para Determinación De Carboxihemoglobina En sangre Total Por Técnica Espectrofotométrica Con Reducción Con Ditionito De Sodio*. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia Facultad De Medicina Departamento De Toxicología.
- Rodríguez Fernández, A. (2004). Manual de Toxicología Clínica. 255. Santiago, Cuba: Centro provincial de información de ciencias médicas.
- Rojas, M., Dueñas, A., & Sindorovas, L. (2001). Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 4(9), 240-245. Consultado el 16 de septiembre de 2013.
- Ruiz, M. A. (2011). *Determinación de niveles de contaminación por monóxido de carbono en trabajadoras de tortillerías a base de leña de la*



Ciudad de Guatemala. Guatemala. 69. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado el 28 de junio de 2013

- Silva, L. A., Souza Terra, F., & Cruz Robazzi, M. L. (2013). Asociación entre accidentes de trabajo y los niveles de carboxihemoglobina en trabajadores moto-taxistas. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, 5(21), 8. Descargado el 6 de abril de 2014, de www.eerp.usp.br/rlae
- Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (febrero de 2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Rev. Salud pública*, 108-117. Consultado el 6 de abril de 2014.
- TOXICONET. (15 de diciembre de 2009). *MurciaSalud*. Consultado el 20 de febrero de 2014, de <http://www.murciasalud.es/toxiconet.php?iddoc=172106&idsec=4014>
- Workers Compensation Fund Group. (2014). HOJA DE SEGURIDAD PARA MONOXIDO DE CARBONO. Consultado el 1 de junio de 2014, en <https://www.wcgroup.com/hoja-de-informaci%C3%B3n-sobre-monoxido-de-carbono-co>
- World Health Organization Europe. (2005). *Air Quality Guidelines. Global Update*, 496. Consultado el 17 de marzo de 2013.
- WorldMap. (7 de junio de 2014). *WorldMap*. Obtenido de http://worldmap.harvard.edu/maps/gis_gadma

ANEXOS

ANEXO 1. INFORMES DEL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL DEL CUERPO DE BOMBEROS DE AZOGUES REFERENTES AL TRANSITO VEHICULAR.



TRANSITO EN LA CIUDAD DE AZOGUES

INFORMACION CONSOLIDADA DEL MES DE OCTUBRE

| SECTOR HORA | Av. 24 de mayo y Vintimilla (Redondel) | Av. Miguel Vintimilla y Vicente Cabrera (Parque infantil) | Bolivar y Juan B. Cordero | Bolivar y Solano | Av. 24 de mayo y Av. De los Alcaldes | 10 de Agosto y Luis cordero | 10 de agosto y Av. Ignacio Neira | Av. 24 de mayo y Azuay (terminal antiguo) | Hora pico ciudad |
|-------------------|--|---|---------------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|------------------|
| 07H01 A 10H00 | 973 | 342 | 987 | 521 | 674 | 573 | 386 | 824 | 5280 |
| 10H01 A 13H00 | 771 | 295 | 643 | 427 | 425 | 689 | 302 | 596 | 4148 |
| 13H01 A 16H00 | 868 | 289 | 821 | 418 | 534 | 887 | 294 | 698 | 4309 |
| 16H01 A 19H00 | 698 | 233 | 321 | 305 | 299 | 441 | 272 | 493 | 3062 |
| 19H01 A 22H00 | 425 | 192 | 225 | 128 | 241 | 251 | 103 | 321 | 1886 |
| Total dia/ Sector | | 1351 | | 1799 | 2173 | 2841 | 1357 | 2932 | |

*PROMEDIO/DIA 3735

FUENTE: DESPACHO BOMBEROS AZOGUES 10/2012

PERSONAL :
Bom. Fernando Garcia B.
Bom. Miguel Gordillo S.
Asp. Kleber Guaman C.
Asp. Patricio Aucancela P.



RESP: CMDT. ING. ADRIAN PALOMEQUE M.

INFORMACION UNICA Y EXCLUSIVA PARA EL USO DEL CUERPO DE BOMBEROS DE AZOGUES.



9111

TRANSITO EN LA CIUDAD DE AZOGUES

INFORMACION CONSOLIDADA DEL MES DE SEPTIEMBRE

INFORMACION CAPTADA POR CAMARAS DE VIDEO - VIGILANCIA ECU 911

| SECTOR HORA | Av. 24 de mayo y Av miguel Vintimilla (Redondel) | Av Miguel Vintimilla y Vicente cabrera (Parque infantil) | Bolivar y Juan B. Cordero | Bolivar y Solano | Av 24 de mayo y Av. De los Alcaldes | 10 de Agosto y Luis cordero | 10 de agosto y Av. Ignacio Neira | Av. 24 de mayo y Azúay (terminal antiguo) | Hora pico ciudad |
|-------------------|---|---|------------------------------|------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|
| 07H01 A 10H00 | 847 | 312 | 894 | 473 | 623 | 489 | 377 | 785 | 4800 |
| 10H01 A 13H00 | 694 | 285 | 572 | 387 | 348 | 561 | 297 | 521 | 3665 |
| 13H01 A 16H00 | 799 | 276 | 713 | 354 | 479 | 811 | 264 | 623 | 4319 |
| 16H01 A 19H00 | 643 | 201 | 275 | 295 | 251 | 392 | 226 | 433 | 2716 |
| 19H01 A 22H00 | 392 | 163 | 194 | 111 | 183 | 182 | 93 | 244 | 1562 |
| Total dia/ Sector | | 1237 | | 1620 | 1884 | 2435 | 1257 | | |
| *PROMEDIO/DIA | 3735 | | 2648 | | | | | 2006 | |

FUENTE: DESPACHO BOMBEROS AZOGUES 09/2012

PERSONAL:

Bom. Fernando García B.
Bom. Miguel Gordillo S.
Asp. Kleber Guaman C.
Asp. Patricio Aucancela P.



RESP: CMDT. ING. ADRIAN PALOMEQUE M.

INFORMACION UNICA Y EXCLUSIVA PARA EL USO DEL CUERPO DE BOMBEROS DE AZOGUES.

**ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO****UNIVERSIDAD DE CUENCA
MAESTRÍA EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL****CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO**

Yo _____, he sido informado(a) que la Dra. Gina Heredia Cabrera, estudiante de la Maestría en Toxicología Industrial y Ambiental, va a llevar a cabo el proyecto de investigación de evaluación de la exposición al monóxido de carbono en habitantes de la ciudad de Azogues mediante determinación de Carboxihemoglobina en sangre total por técnica espectrofotométrica que es un método analítico confiable para determinar exposición a monóxido de carbono.

Yo he elegido participar libremente en el estudio, entiendo que esto significa responder una entrevista para la historia clínica en la cual se exploran algunos aspectos de mi vida, en especial relacionados con mis antecedentes de consumo de tabaco y exposición a monóxido de carbono, además para tal fin me será tomada una muestra de sangre, lo que puede generar molestias leves asociadas al uso de aguja estéril para la toma de la muestra. Para evitar estas complicaciones la muestra será tomada por personal altamente calificado y entrenado en la toma de muestras y resolver cualquier tipo de reacción adversa o inquietud que pudiera presentarse. Entiendo que dentro del estudio no se me realizará ningún tipo de seguimiento familiar, laboral o judicial y dado que mi participación es enteramente voluntaria puedo rehusarme a contestar cualquier pregunta o retirarme voluntariamente en cualquier momento del estudio sin que esto acarree algún tipo de consecuencia.

Entiendo que participar en el estudio no conlleva riesgo alguno, que la información y muestra obtenidas de mí serán tratadas de forma confidencial y que no voy a ser identificado personalmente en los resultados del estudio, que no obtendré remuneración económica y el beneficio se recibirá por medio del conocimiento generado en el presente estudio. Sin embargo, si al participar se me encuentra alguna condición que requiera tratamiento se me ofrecerá orientación médica al respecto.

Se me ha preguntado si tengo alguna duda acerca del estudio en este momento y si tuviese en el futuro alguna duda del mismo puedo obtener información en el Laboratorio Clínico Casa del Médico, lugar donde serán procesadas las muestras y la profesional a cargo es responsable de esta investigación.

FIRMA DEL INVESTIGADOR**FIRMA DEL PARTICIPANTE**



ANEXO 3. FORMATO DE FORMULARIO APLICADO PARA RECOLECCION DE INFORMACION DEL GRUPO EXPUESTO

UNIVERSIDAD DE CUENCA MAESTRÍA EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

FORMULARIO PREVIO

Los datos del presente formulario son confidenciales y serán utilizados para seleccionar a los participantes del estudio "Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en habitantes de la ciudad de Azogues". Su colaboración es de suma importancia para la realización de dicho estudio.

1. Nombre:
2. Edad:
3. Dirección
4. ¿Fuma? Si ☐ No ☐
5. ¿Ingiera bebidas alcohólicas Si ☐ No ☐
6. Otros hábitos tóxicos Si ☐ No ☐
7. ¿Alguna vez ha padecido de?
 - Hepatitis ☐ Daño hepático ☐ Bronquitis ☐
 - Problemas del corazón ☐ Ninguna ☐ Anemia ☐
8. Dirección del puesto de trabajo o vivienda:
9. ¿Cuántas horas permanece en su puesto por día?
10. Tiempo de laborar o residencia en la zona
11. ¿Toma descanso alguna vez? Si ☐ No ☐ ¿Cuánto?
12. ¿Tiene o ha tenido alguno de los síntomas siguientes?

| Síntoma | Si | No |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Debilidad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mareos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Enrojecimiento de la cara | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Dolor de cabeza | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Náuseas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Visión borrosa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Tos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ardor de ojos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
13. ¿En qué parte del día se le presentan los síntomas?

| | | | |
|--------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| En la mañana | <input type="checkbox"/> | Por la tarde | <input type="checkbox"/> |
| Al anochecer | <input type="checkbox"/> | A cualquier hora | <input type="checkbox"/> |

Firma

ANEXO 4. RESULTADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE LAS ZONAS 1, 2, 3, Y CONTROL

Centro de Estudios Ambientales Pág. 3/ 5



Tabla 1. Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en el punto monitoreado de la ciudad de Azogues.

| Ubicación | Fecha (dd/mm/aa) | Hora (hh:mm) | Concentración de Gases | CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Límite Máximo Permisible CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hora |
|---|---------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| Calle Emilio Abad y calle Fray Vicente Solano | 10/02/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 643,58 | 30000 |
| | | | Máximo | 14887,53 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 629,86 | 30000 |
| | | | Máximo | 16032,72 | 30000 |
| Calle Emilio Abad y calle Fray Vicente Solano | 11/02/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 629,86 | 30000 |
| | | | Máximo | 11451,94 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 557,66 | 30000 |
| | | | Máximo | 17177,91 | 30000 |
| Calle Emilio Abad y calle Fray Vicente Solano | 12/02/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 880,19 | 30000 |
| | | | Máximo | 25194,27 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 320,27 | 30000 |
| | | | Máximo | 10306,75 | 30000 |

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.



Tabla 1. Continuación

| Ubicación | Fecha (dd/mm/aa) | Hora (hh:mm) | Concentración de Gases | CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Límite Máximo Permisible CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hora |
|---|---------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| Calle Emilio Abad y calle Fray Vicente Solano | 13/02/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 732,17 | 30000 |
| | | | Máximo | 24049,08 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 0,0 | 30000 |
| | | | Máximo | 0,0 | 30000 |
| Calle Emilio Abad y calle Fray Vicente Solano | 14/02/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 425,90 | 30000 |
| | | | Máximo | 19468,30 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 858,90 | 30000 |
| | | | Máximo | 21758,69 | 30000 |





Como se puede observar en la Tabla 1, las concentraciones de Monóxido de carbono registradas durante los monitoreos no superan el límite máximo permitido establecido en la Legislación Ambiental Secundaria.

Información proporcionada por: Dra. Gina Heredia.

Técnicos Responsables: Ing. Ana Astudillo A.
Ing. Carlos Espinoza P.
Ing. Verónica Vázquez F.



Dra. Nancy García Alvear
DIRECTORA DEL CEA



Cuenca, a 20 de febrero del 2014.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

5

Tabla 1. Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en el punto monitoreado de la ciudad de Azuques.

| Ubicación | Fecha (dd/mm/aa) | Hora (hh:mm) | Concentración de Gases | CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Límite Máximo Permisible CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hora |
|--|---------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| Frente al Terminal Terrestre Interparroquial, calle Azuay | 10/03/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 963,87 | 30000 |
| | | | Máximo | 12597,14 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 2620,36 | 30000 |
| | | | Máximo | 34355,83 | 30000 |
| Frente al Terminal Terrestre Interparroquial, calle Azuay | 11/03/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 435,36 | 30000 |
| | | | Máximo | 14887,53 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 452,75 | 30000 |
| | | | Máximo | 16032,72 | 30000 |
| Frente al Terminal Terrestre Interparroquial, calle Azuay | 12/03/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 605,72 | 30000 |
| | | | Máximo | 12597,14 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 592,69 | 30000 |
| | | | Máximo | 18323,11 | 30000 |



Tabla 1. Continuación

| Ubicación | Fecha (dd/mm/aa) | Hora (hh:mm) | Concentración de Gases | CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Límite Máximo Permisible CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hora |
|--|---------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| Frente al Terminal Terrestre Interparroquial, calle Azuay | 13/03/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 577,33 | 30000 |
| | | | Máximo | 14887,53 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 350,18 | 30000 |
| | | | Máximo | 12597,14 | 30000 |
| Frente al Terminal Terrestre Interparroquial, calle Azuay | 14/03/2014 | 10:00 – 11:00 | Promedio | 832,87 | 30000 |
| | | | Máximo | 13742,33 | 30000 |
| | | 11:00 – 12:00 | Promedio | 2858,09 | 30000 |
| | | | Máximo | 56114,52 | 30000 |





Como se puede observar en la Tabla 1, las concentraciones de Monóxido de carbono registradas durante los monitoreos no superan el límite máximo permitido establecido en la Legislación Ambiental Secundaria.

Información proporcionada por: Dra. Gina Heredia.

Técnicos Responsables: Ing. Ana Astudillo A.
Ing. Carlos Espinoza P.
Ing. Verónica Vázquez F.


Dra. Nancy García Alvear
DIRECTORA DEL CEA

Cuenca, a 18 de marzo del 2014.



Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

Tabla 1. Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en el punto monitoreado del Cantón Biblián (15/04/2014)

| Ubicación | Coordenadas Geográficas | Hora (hh:mm) | Concentración de Gases | CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Límite Máximo Permisible CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hora |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | | |
| Calle de acceso a la parroquia Nazón | 2°42'5,55" S 78°54'34,30" W | 10:00 – 11:00 | Promedio | 0,0 | 30000 |
| | | | Máximo | 0,0 | 30000 |





Como se puede observar en la Tabla 1, no se registraron concentraciones de Monóxido de carbono en el punto monitoreado.

Información proporcionada por: Dra. Gina Heredia.

Técnicos Responsables: Ing. Ana Astudillo A.
Ing. Carlos Espinoza P.




Dra. Nancy García Alvear
DIRECTORA DEL CEA

Cuenca, a 21 de abril de 2014.

Los resultados del informe son de uso exclusivo del consultor, las recomendaciones y conclusiones citadas, afectan únicamente a las condiciones al momento de la medición y deben ser reproducidas o incorporadas en el informe final previo análisis del responsable del estudio de consultoría.

ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TECNICAS EQUIPO MONITOREO

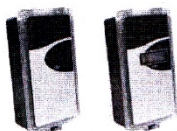
aSENSE™ m III CO / CO₂ sensor & ventilation controller

Technical Specification * (rev 080228)

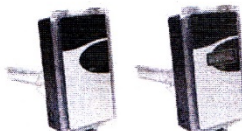
General Performance

| | |
|--|---|
| Compliance with | EMC directive 89/336/EEC |
| Operating Temperature Range ¹ | 0 to +50 °C |
| Storage Temperature Range | -20 to +70 °C |
| Operating Humidity Range | 0 to 95% RH (non-condensing) |
| Warm-up Time | ≤ 15 minutes (more when un-powered for a long time) |
| Step response (T _{1/2}) | 8 minutes ² |
| Expected Life Time | > 5 years ² |
| Self Diagnostics | complete function check of the sensor |
| Status LED Indicators | yellow = maintenance support, green = relay closed, red = active open collector output |
| Display | 4 Digits, 7 segments LCD with ppm indicator |
| Pushbuttons | offer a selection of set point adjusts and calibration operation functions |
| Data logger | internal data logger of CO and CO ₂ readings, 2 x 960 samples, corresponding to just under 2 weeks data sampling of CO- and CO ₂ -values in 20 minutes intervals |

Housing Options



WALL MOUNT: with and without display
Protection class: IP54



DUCT MOUNT: with and without display
Protection class: IP65

Electrical/Mechanical/Dimensions

| | |
|-----------------------------|---|
| Power Input | 24 VAC/VDC±20%, 50-60 Hz (half-wave rectifier input) |
| Power Consumption | ≤ 3 Watts average |
| Wiring Connections | max 1.5 mm ² wires for screw terminal (main terminal) and spring loaded terminal |
| UART connector | 5-pin, 2.54 mm pitch, slide connector (SenseAir standard) |
| Dimensions of housing | 150 x 85 (+ cable throughput 25 mm) x 46 mm (L x W x D). For duct mounted –K sampling probe 245 x 40 mm (L x diameter of hole) |

CO₂ Measurement

| | |
|-----------------------------|--|
| Operating Principle | Non-dispersive infrared (NDIR) with Automatic Baseline Correction (ABC) ³ |
| Accuracy ⁴ | ±1% of measurement range ± 5 % of measured value |
| Pressure Dependence | + 1.6 % reading per kPa deviation from normal pressure, 100 kPa |
| Measurement ranges | 0 to 3 000 ppm (ranges up to 20 %vol. offered on request) |

CO Measurement

| | |
|-----------------------------------|---|
| Operating Principle | Fuel type electrochemical gas sensor with compensation for temperature variations |
| Accuracy ⁴ | ± 10 ppm |
| Measurement range | 0 to 100 ppm (standard) |
| Extended measurement ranges | 100 to 500 ppm |
| Accuracy in extended range | ±20% of reading |

- Not 1: Lower temperature operation range can be reached by adding a box heater assembly.
- Not 2: Is limited by the CO probe. More information in SenseAir's Technical note **TN-012** (www.senseair.com).
- Not 3: The ABC-function is the key to maintenance free operation. It assumes normal operation applications, where ventilation to some degree will occur (at least during some moment over a week period). This function automatically corrects for any possible zero drifts for the CO₂ and the CO sensors.
- Not 4: In normal ventilated environments. Accuracy is defined at continuous operation (3 weeks minimum after installation)
- Please Note!** The CO probe also responds to some other chemicals than CO, i.e. silicon. Some non-common operation environments therefore may not be applicable for this product!

* Can be changed without notice

aSENSE—mIII_4

3

ANEXO 6. TABLAS DE DATOS SIN TRATAMIENTO ESTADÍSTICOS

| REGISTRO DE DATOS CORRESPONDIENTES AL GRUPO 1 TEMINAL INTERPROVINCIAL | | | | | | |
|--|-------|--------------|------|----------------|----------------------------------|--|
| MUESTR A No. | %HBCO | Edad años | Sexo | Reside/Trabaja | permanenci a /día en horas | tiempo de laborar o residencia / años |
| 1 | 2,6 | 19 | M | estudiante | 6 | 2 |
| 2 | 1,8 | 22 | F | estudiante | 6 | 2 |
| 3 | 4,8 | 20 | M | trabajo | 7 | 4 |
| 4 | 9,8 | 43 | F | trabajo | 12 | 16 |
| 5 | 5,9 | 42 | M | trabajo | 9 | 6 |
| 6 | 2,9 | 28 | F | trabajo | 8 | 2 |
| 7 | 9,2 | 46 | M | trabajo | 10 | 8 |
| 8 | 4,6 | 59 | M | trabajo | 10 | 11 |
| 9 | 6,2 | 48 | M | trabajo | 9 | 7 |
| 10 | 9,2 | 47 | M | trabajo | 8 | 9 |
| 11 | 1,6 | 19 | M | trabajo | 6 | 1 |
| 12 | 7,4 | 20 | F | trabajo | 10 | 8 |
| 13 | 4,2 | 58 | M | trabajo | 4 | 6 |
| 14 | 2,65 | 21 | F | trabajo | 8 | 2 |
| 15 | 3,87 | 52 | F | trabajo | 9 | 6 |
| 16 | 7,3 | 47 | M | trabajo | 7 | 4 |
| 17 | 3,2 | 20 | M | trabajo | 7 | 2 |
| 18 | 6,1 | 62 | F | trabajo | 12 | 15 |
| 19 | 5,8 | 36 | M | trabajo | 8 | 4 |
| 20 | 4,1 | 34 | M | trabajo | 9 | 3 |

REGISTRO DE DATOS CORRESPONDIENTES AL GRUPO 2 EMILIO ABAD

| MUESTRA No. | %HBCO | Edad años | Sexo | Reside/Trabaja | permanencia / día en horas | tiempo de laborar o residencia / años |
|-------------|-------|-----------|------|----------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 4,7 | 22 | F | trabajo | 8 | 5 |
| 2 | 4,8 | 21 | F | trabajo | 12 | 5 |
| 3 | 3,1 | 24 | F | trabajo | 8 | 3 |
| 4 | 6,3 | 34 | F | trabajo | 12 | 0,75 |
| 5 | 2,9 | 66 | F | trabajo | 10 | 4 |
| 6 | 1,92 | 36 | F | trabajo | 10 | 0,25 |
| 7 | 4,4 | 36 | F | trabajo | 7 | 1 |
| 8 | 6,8 | 38 | F | trabajo | 6 | 2 |
| 9 | 7,9 | 58 | F | trabajo | 10 | 9 |
| 10 | 2,7 | 35 | F | residencia | 6 | 2 |
| 11 | 1,98 | 29 | F | trabajo | 8 | 1 |
| 12 | 3,67 | 69 | F | residencia | 8 | 24 |
| 13 | 4,1 | 27 | M | trabajo | 9 | 0,5 |
| 14 | 4,9 | 54 | F | trabajo | 6 | 19 |
| 15 | 3,6 | 24 | F | trabajo | 8 | 2 |
| 16 | 5,3 | 62 | M | trabajo | 9 | 7 |
| 17 | 4,9 | 37 | M | trabajo | 8 | 12 |
| 18 | 3,1 | 29 | M | trabajo | 9 | 2 |
| 19 | 2,8 | 32 | M | trabajo | 9 | 6 |
| 20 | 5,12 | 49 | M | trabajo | 10 | 4 |

REGISTRO DE DATOS CORRESPONDIENTES AL GRUPO 3 TERMINAL INTERPARROQUIAL

| MUESTRA No. | %HBCO | Edad años | Sexo | Reside/Trabaja | permanencia / día en horas | tiempo de laborar o residencia / años |
|-------------|-------|-----------|------|----------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 3,7 | 43 | F | residencia | 12 | 4 |
| 2 | 7 | 52 | M | trabajo | 9 | 27 |
| 3 | 6,2 | 51 | F | trabajo | 8 | 12 |
| 4 | 5,2 | 37 | M | trabajo | 12 | 8 |
| 5 | 3,8 | 67 | F | trabajo | 8 | 19 |
| 6 | 1,7 | 19 | F | trabajo | 8 | 0,5 |
| 7 | 5,3 | 39 | F | trabajo | 12 | 5 |
| 8 | 2,86 | 75 | M | residencia | 10 | 18 |
| 9 | 4,5 | 26 | F | trabajo | 9 | 5 |
| 10 | 7,4 | 58 | F | trabajo | 10 | 20 |
| 11 | 2,7 | 19 | M | trabajo | 7 | 1 |
| 12 | 9,2 | 29 | M | Trabajo | 10 | 9 |
| 13 | 1,92 | 54 | F | Trabajo | 6 | 8 |
| 14 | 5,2 | 68 | M | Trabajo | 10 | 13 |
| 15 | 4,3 | 55 | F | residencia | 8 | 8 |
| 16 | 1,3 | 55 | F | residencia | 12 | 4 |
| 17 | 3,92 | 33 | F | Trabajo | 8 | 8 |
| 18 | 3,6 | 40 | F | Trabajo | 11 | 5 |
| 19 | 3,5 | 48 | F | residencia | 12 | 6 |
| 20 | 8,5 | 36 | M | Trabajo | 8 | 13 |

ANEXO 7 TABLAS DE ANALISIS ESTADÍSTICOS

ANALISIS DE VARIANZA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE MEDIAS DE
LAS CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO DEL GRUPO
CONTROL Y LOS GRUPOS DE ESTUDIO

TEST DE KRUSKAL-WALLIS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES.

| Table Analyzed | MONITOREO AMBIENTAL ug/m ³ CO | | |
|---|--|------------------------|---------|
| Kruskal-Wallis test | | | |
| P value | 0,0037 | | |
| Exact or approximate P value? | Gaussian Approximation | | |
| P value summary | ** | | |
| Do the medians vary signif. (P < 0.05) | Yes | | |
| Number of groups | 4 | | |
| Kruskal-Wallis statistic | 13,47 | | |
| Dunn's Multiple Comparison Test | Difference in rank sum | Significant? P < 0.05? | Summary |
| ug/m ³ CO CC vs ug/m ³ CO 1 | -6,600 | No | ns |
| ug/m ³ CO CC vs ug/m ³ CO 2 | -11,20 | Yes | * |
| ug/m ³ CO CC vs ug/m ³ CO 3 | -12,20 | Yes | ** |
| ug/m ³ CO 1 vs ug/m ³ CO 2 | -4,600 | No | ns |
| ug/m ³ CO 1 vs ug/m ³ CO 3 | -5,600 | No | ns |
| ug/m ³ CO 2 vs ug/m ³ CO 3 | -1,000 | No | ns |



ANALISIS DE VARIANZA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE MEDIAS DE LAS CONCENTRACIONES DE CARBOXIHEMOGLOBINA DEL GRUPO CONTROL Y LOS GRUPOS DE ESTUDIO

TEST DE KRUSKAL-WALLIS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES.

| | | | |
|--|--------------------------|------------------------|---------|
| Table Analyzed | correlacion 3 zonas hbco | | |
| Kruskal-Wallis test | | | |
| P value | P<0.0001 | | |
| Exact or approximate P value? | Gaussian Approximation | | |
| P value summary | *** | | |
| Do the medians vary signif. (P < 0.05) | Yes | | |
| Number of groups | 4 | | |
| Kruskal-Wallis statistic | 22,85 | | |
| Dunn's Multiple Comparison Test | Difference in rank sum | Significant? P < 0.05? | Summary |
| %HbCO CC vs %HbCO 1 | -36,71 | Yes | *** |
| %HbCO CC vs %HbCO 2 | -31,51 | Yes | *** |
| %HbCO CC vs %HbCO 3 | -32,98 | Yes | *** |
| %HbCO 1 vs %HbCO 2 | 5,200 | No | ns |
| %HbCO 1 vs %HbCO 3 | 3,725 | No | ns |
| %HbCO 2 vs %HbCO 3 | -1,475 | No | ns |

CORRELACIÓN ENTRE CO AMBIENTAL Y CONCENTRACIONES DE HBCO GRUPO 1

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 5 |
| Pearson r | 0,2835 |
| 95% confidence interval | -0.7986 to 0.9326 |
| P value (two-tailed) | 0,6439 |
| P value summary | ns |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | No |
| R squared | 0,08039 |



CORRELACIÓN ENTRE CO AMBIENTAL Y CONCENTRACIONES DE HBCO GRUPO 2

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 5 |
| Pearson r | -0,08684 |
| 95% confidence interval | -0.9002 to 0.8615 |
| P value (two-tailed) | 0,8896 |
| P value summary | ns |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | No |
| R squared | 0,007542 |

CORRELACIÓN ENTRE CO AMBIENTAL Y CONCENTRACIONES DE HBCO GRUPO 3

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 5 |
| Pearson r | 0,07804 |
| 95% confidence interval | -0.8638 to 0.8985 |
| P value (two-tailed) | 0,9007 |
| P value summary | ns |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | No |
| R squared | 0,006090 |

CORRELACIÓN ENTRE HBCO Y AÑOS DE EXPOSICIÓN GRUPO 1

| | |
|--|------------------|
| Number of XY Pairs | 20 |
| Pearson r | 0,7156 |
| 95% confidence interval | 0.3995 to 0.8796 |
| P value (two-tailed) | 0,0004 |
| P value summary | *** |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | Yes |
| R squared | 0,5120 |



CORRELACIÓN ENTRE HBCO Y HORAS DE PERMANENCIA GRUPO 1

| | |
|--|------------------|
| Number of XY Pairs | 20 |
| Pearson r | 0,5899 |
| 95% confidence interval | 0.1993 to 0.8187 |
| P value (two-tailed) | 0,0062 |
| P value summary | ** |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | Yes |
| R squared | 0,3479 |

CORRELACIÓN ENTRE HBCO Y AÑOS DE EXPOSICIÓN GRUPO 2

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 20 |
| Pearson r | 0,5089 |
| 95% confidence interval | 0.08551 to 0.7766 |
| P value (two-tailed) | 0,0219 |
| P value summary | * |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | Yes |
| R squared | 0,2589 |

CORRELACIÓN ENTRE HBCO Y HORAS DE PERMANENCIA GRUPO 2

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 20 |
| Pearson r | 0,1607 |
| 95% confidence interval | -0.3035 to 0.5632 |
| P value (two-tailed) | 0,4986 |
| P value summary | ns |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | No |
| R squared | 0,02582 |

CORRELACIÓN ENTRE HBCO Y AÑOS DE EXPOSICIÓN GRUPO 3

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 20 |
| Pearson r | 0,4949 |
| 95% confidence interval | 0.06689 to 0.7690 |
| P value (two-tailed) | 0,0265 |
| P value summary | * |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | Yes |
| R squared | 0,2449 |

CORRELACIÓN ENTRE HBCO Y HORAS DE PERMANENCIA GRUPO 3

| | |
|--|-------------------|
| Number of XY Pairs | 20 |
| Pearson r | 0,04327 |
| 95% confidence interval | -0.4071 to 0.4768 |
| P value (two-tailed) | 0,8563 |
| P value summary | Ns |
| Is the correlation significant? (alpha=0.05) | No |
| R squared | 0,001872 |

ANEXO 7 REGISTRO FOTOGRÁFICO

